



## 4.2 ATMOSFERA

### INDICE

4.2	ATMOSFERA.....	2
4.2.1	PREMESSA.....	2
4.2.2	RIFERIMENTI NORMATIVI IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA .....	4
4.2.3	AREA DI INDAGINE.....	4
4.2.4	CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO ATTUALE DI QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA DI STUDIO.....	6
4.2.5	DATI METEOROLOGICI.....	11
4.2.6	SCENARI EMISSIVI.....	20
4.2.7	SIMULAZIONE DELLA DISPERSIONE DI INQUINANTI .....	36
4.2.8	STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA PREVISTO DALLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE.....	37
4.2.9	CONCLUSIONI.....	41
4.2.10	APPENDICE.....	42
4.2.11	BIBLIOGRAFIA.....	48
4.2-A	ALLEGATO CARTOGRAFICO.....	51

*Il presente studio è stato predisposto con la collaborazione della Soc. Arianet Srl, nelle persone di:*

- *dott. U. Giuriato,*
- *d.ssa C. Pozzi*
- *dott. G. Tinarelli.*

## 4.2 ATMOSFERA

### 4.2.1 PREMESSA

Il presente paragrafo è finalizzato alla preliminare valutazione degli effetti sulla qualità dell'aria determinati dalla realizzazione ed esercizio del completamento del Data Center MXP1.

In particolare in fase di esercizio i rilasci in atmosfera sono limitati alle emissioni connesse alle prove periodiche e alle attività di manutenzione dei gruppi elettrogeni di emergenza. A queste potrebbero aggiungersi le emissioni dovute alla produzione elettrica dei suddetti impianti nel caso si verificasse un evento accidentale con interruzione della fornitura di energia elettrica.

In condizioni di normale funzionamento, l'alimentazione elettrica del Data Center è infatti garantita dalla connessione mediante elettrodotto AT in cavo interrato alla stazione elettrica facente parte della rete elettrica nazionale, e localizzata in sito contiguo al Data Center.

La potenziale variazione dello stato di qualità attuale dell'aria in conseguenza delle emissioni dei gruppi elettrogeni è stata analizzata mediante l'applicazione di simulazioni modellistiche per lo studio della dispersione e ricaduta al suolo degli inquinanti in atmosfera. I risultati ottenuti dalle simulazioni modellistiche sono stati comparati allo stato di qualità attuale della componente ed ai valori indicati dalle pertinenti normative poste a tutela dall'inquinamento atmosferico.

La dispersione degli inquinanti in atmosfera viene spesso simulata con modelli semplificati (gaussiani rettilinei e stazionari) che consentono di affrontare agevolmente studi su lunghi periodi temporali (tipicamente 1 anno) e la quantificazione dell'impatto atmosferico di un impianto in forma sia di tabelle sia di mappe d'iso-concentrazione sul territorio circostante, con tutti gli standard di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente relativi alle diverse specie chimiche considerate. Questo approccio è, in genere, adottato per controllare l'impatto massimo dei rilasci e fornisce, su lunghi periodi, risultati in linea con le osservazioni delle reti di rilevamento della qualità dell'aria, ma solo nelle situazioni meteorologiche e diffusive semplici. Le simulazioni con i modelli gaussiani forniscono invece, in molte situazioni più complesse, risultati poco realistici per diversi motivi, tra i quali:

- inadeguatezza nel trattare l'orografia;
- impossibilità di riprodurre le situazioni di calma di vento;
- incapacità di seguire correttamente l'evoluzione temporale delle emissioni in atmosfera – fenomeni fortemente non stazionari e non omogenei (transitori, brezze, ricircolo dei pennacchi, ...) non possono essere tenuti in considerazione;
- non sono previste variazioni spaziali delle variabili meteorologiche: per esempio la direzione del trasporto degli inquinanti è una sola in tutto il dominio di calcolo.

Di conseguenza, lo studio d'impatto atmosferico in situazioni più complesse richiede l'applicazione di modelli tridimensionali in grado di ricostruire in maniera più precisa la dinamica dell'evoluzione degli inquinanti all'interno del flusso atmosferico, che possono fornire risultati più accurati, in particolare ai fini della valutazione degli impatti sanitari sulla popolazione.

Per la realizzazione dello studio di impatto del Data Center, si è deciso l'utilizzo del modello di dispersione lagrangiano a particelle SPRAY.

Il vantaggio dell'impiego di un modello di dispersione lagrangiano a particelle, come il codice SPRAY, sviluppato da ARIANET e utilizzato nel presente studio, rispetto ad altri modelli (come per es. CALPUFF, modello gaussiano a puff) è legato alla necessità di seguire l'evoluzione dei pennacchi emessi in maniera più realistica possibile, seguendo in modo esplicito la tridimensionalità della meteorologia e della turbolenza in ogni punto e non solo in corrispondenza del baricentro dello stesso pennacchio.

Questo consente per esempio di simulare fenomeni quali la separazione verticale di porzioni del pennacchio in presenza di forti variazioni della direzione del vento ("shear") o di circolazioni a regime di brezza. Infine, SPRAY consente una separazione dei contributi che le diverse sorgenti o comparti emissivi danno sul campo di concentrazioni totali, permettendo rapidamente il calcolo della eventuale ripartizione percentuale di ognuno.

Lo studio prevede la ricostruzione, su base annuale, dell'impatto dei generatori di emergenza in termini di concentrazione in aria per gli inquinanti previsti nel D.Lgs.155/2010, emessi da tutte le sorgenti del Data Center nelle ordinarie fasi test manutentivi. Viene inoltre analizzato lo scenario emergenziale in cui i generatori restano in attività in seguito ad eventi accidentali che comportino l'interruzione della fornitura elettrica principale (realizzata direttamente da Terna). Nello scenario di manutenzione, l'impatto dell'impianto viene ricostruito tenendo conto delle emissioni medie derivate da un regime di funzionamento reale e rappresenta la situazione di emissione in condizioni tipiche di funzionamento dell'impianto. Nello scenario emergenziale, si stimano le emissioni considerando cautelativamente la situazione peggiore registrata in Italia in termini di durata del blackout, pari a 16 ore. Per gli inquinanti in esame vengono presi in considerazione i limiti in immissione definiti dal D.Lgs. 155/2010, confrontando i risultati delle modellazioni con i valori di riferimento stabiliti dalla normativa.

Il presente rapporto descrive la metodologia e i risultati ottenuti relativamente allo studio modellistico per l'anno meteorologico 2022. Sono illustrati nel dettaglio i dati e i metodi utilizzati per costruire le componenti in input al sistema modellistico, ovvero la meteorologia e le emissioni, nonché i risultati in termini di indicatori, sul territorio considerato, per gli inquinanti presi in considerazione. Tali indicatori vengono illustrati in forma di mappe sul territorio, definite all'interno del dominio di calcolo considerato e riportati nell'Allegato cartografico al presente studio.

Lo studio condotto si articola nei passi:

- richiami dei pertinenti riferimenti normativi in materia di qualità dell'aria (paragrafo 4.2.2 seguente),
- definizione dell'area di indagine e della risoluzione modellistica adottata (paragrafo 4.2.3),
- analisi dello stato di qualità dell'aria nell'area in analisi (paragrafo 4.2.4),
- ricostruzione meteorologica tridimensionale sull'area (della quale sono descritte le procedure e i dati utilizzati al paragrafo 4.2.5),
- descrizione degli scenari emissivi (paragrafo 4.2.6)
- descrizione delle metodologie di calcolo applicate e presentazione dei risultati delle simulazioni modellistiche relative ai diversi scenari emissivi (paragrafo 4.2.7)
- formulazione delle valutazioni conclusive circa lo studio condotto (paragrafo 4.2.8)

In Appendice vengono descritti con maggiore dettaglio i contenuti della tecnologia modellistica utilizzata per la simulazione meteo-dispersiva alla risoluzione finale adottata, contenuta nel pacchetto ARIA Impact 3D, di cui il modello di dispersione SPRAY fa parte.

## 4.2.2 RIFERIMENTI NORMATIVI IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA

La *Tabella 4.2.2-1* illustra i valori di riferimento riportati nel D.Lgs. 155/2010 per le concentrazioni in aria dei parametri: NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM10 e PM2.5.

Per quanto riguarda le concentrazioni in aria ambiente di NH<sub>3</sub>, non sono attualmente presenti valori limite o standard da rispettare a livello nazionale. Pertanto, per tale parametro sono stati presi in considerazione i valori guida/obiettivo riconosciuti a livello internazionale, nello specifico, il valore limite giornaliero definito dal Ministero dell'Ambiente dell'Ontario e il valore limite annuale definito dell'agenzia ambientale del Regno Unito, come riportato sempre nella *Tabella 4.2.2-1*.

**Tabella 4.2.2-1** Valori di riferimento per le concentrazioni in aria di inquinanti

Parametro	Descrizione valore di riferimento	Indicatore statistico	Valore
NO <sub>x</sub>	Valore limite per la protezione della vegetazione	media annuale	30 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	Limite orario per la protezione della salute umana	media oraria	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
PM10	Limite annuale per la protezione della salute umana	media annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	media giornaliera	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile
PM2.5	Limite annuale per la protezione della salute umana	media annuale	25 µg/m <sup>3</sup>
CO	Limite per la protezione della salute umana	massimo giornaliero della media mobile su otto ore	10 mg/m <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	media giornaliera	100 µg/m <sup>3</sup>
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	media annuale	180 µg/m <sup>3</sup>

## 4.2.3 AREA DI INDAGINE

### 4.2.3.1 CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE DELL'AREA

Il comune di Melegnano presenta le caratteristiche climatiche tipiche delle zone temperate sub-continentali, con inverni rigidi ed estati calde. Le precipitazioni sono poco abbondanti con massimi da ottobre a novembre e da maggio a giugno, e minimi a gennaio e tra luglio e settembre. L'escursione termica stagionale è molto elevata.

Il sito di analisi è collocato nel Bacino Padano. L'area della Pianura Padana è delimitata dagli Appennini a sud, dalle Alpi a nord e ovest, mentre a est dal Mar Adriatico. La presenza delle

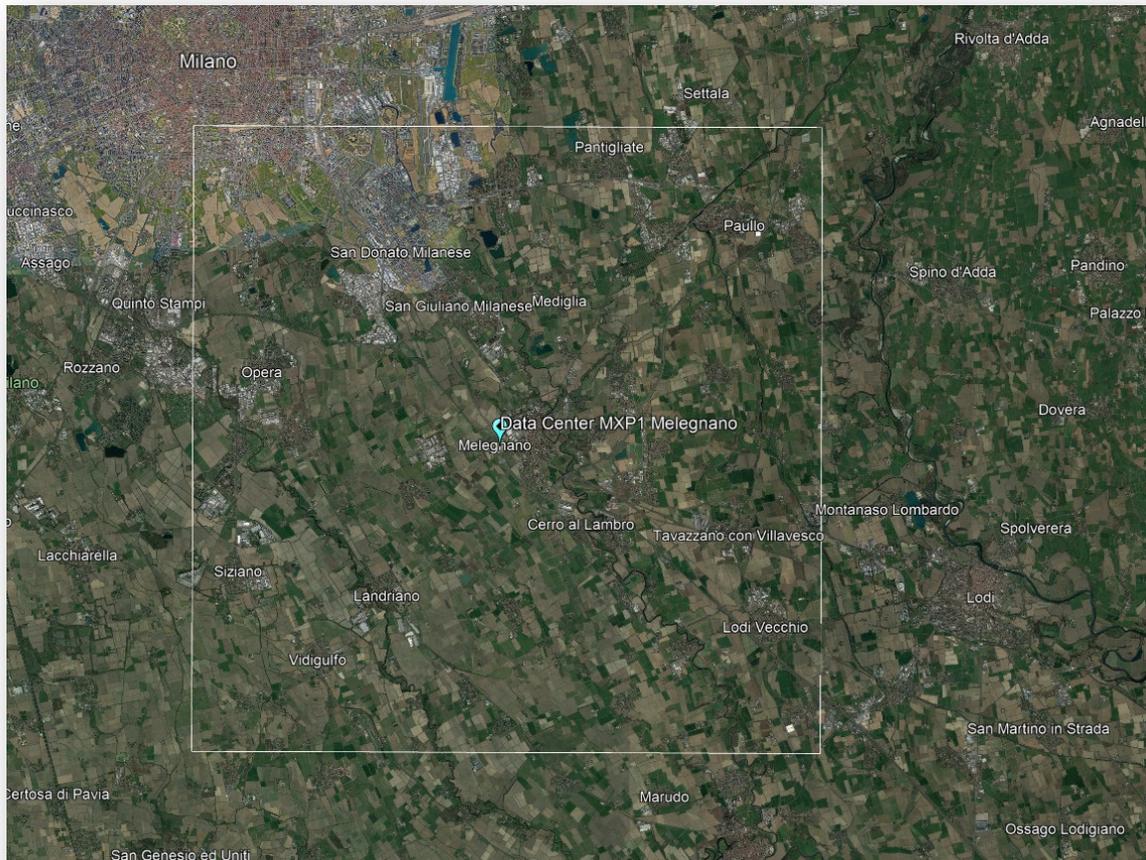
Alpi in particolare comporta un contenimento delle correnti dal Nord Europa. La conseguente stagnazione dell'aria nel Bacino Padano aumenta i tempi necessari per la dispersione delle sostanze inquinanti.

#### 4.2.3.2 DOMINIO DI CALCOLO

Il dominio di calcolo considerato per effettuare le simulazioni di dispersione e l'analisi degli impatti atmosferici è riportato in *Figura 4.2.3-1*, in cui è indicata anche la posizione del data center. Si tratta di un quadrato di 20x20 km<sup>2</sup>, con una risoluzione orizzontale di 100 m, per un totale di 200x200 punti. La risoluzione orizzontale scelta è compatibile con la durata delle simulazioni su scala annuale da eseguire ed in grado di fornire un sufficiente dettaglio sia alla scala complessiva considerata sia alla scala di dettaglio in prossimità dell'impianto. Il dominio ha come coordinate (x,y) del vertice Sud Ovest, nel sistema di proiezione UTM-WGS 84 (fuso 32 N) il punto (514407 m, 5012488 m). L'estensione verticale del dominio di simulazione per la ricostruzione meteorologica è di 5000 m con i seguenti 21 livelli di calcolo sopra l'orografia espressi in metri:

0. 10. 25. 80. 140. 250. 300. 400. 500. 600. 750. 900. 1100. 1300. 1600. 1900. 2500. 3500. 4000. 4700. 5000.

**Figura 4.2.3-1** *Dominio di calcolo*

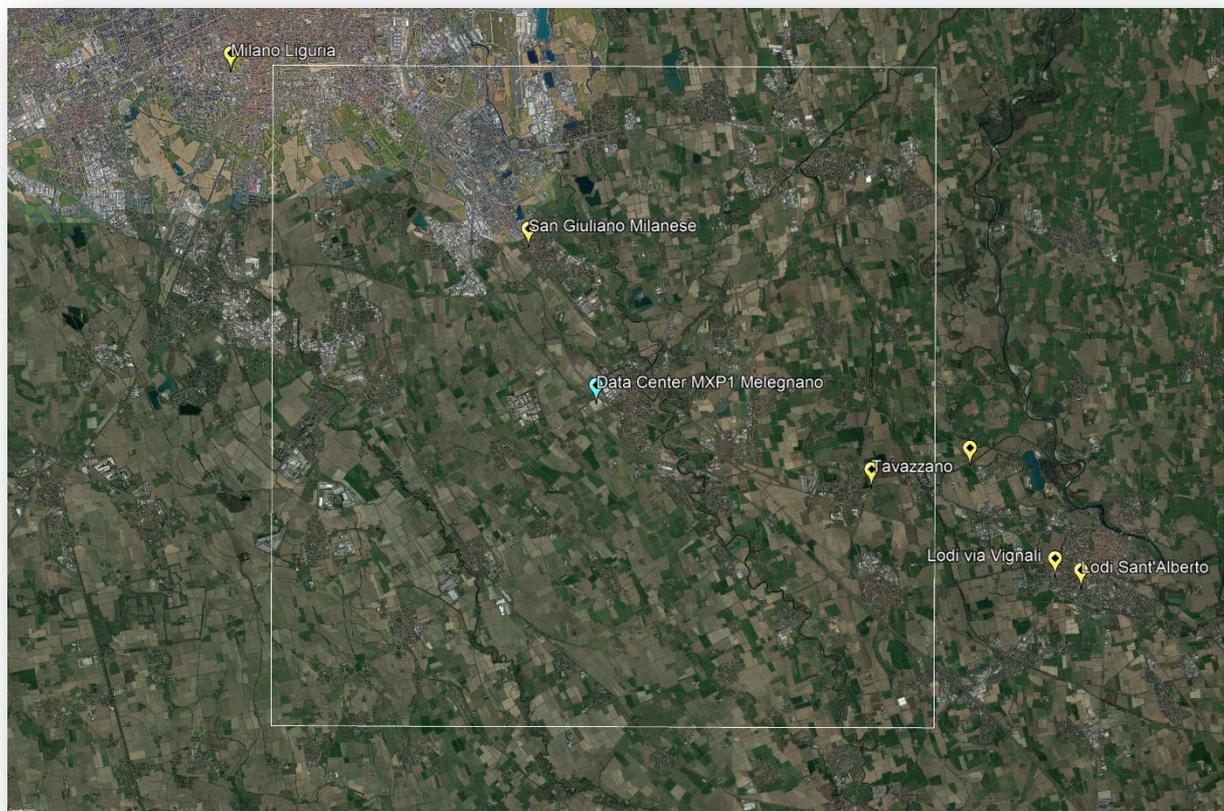


## 4.2.4 CARATTERIZZAZIONE DELLO STATO ATTUALE DI QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA DI STUDIO

### 4.2.4.1 MISURE DI CONCENTRAZIONE

La *Figura 4.2.4-1* mostra il posizionamento delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria delle province di Milano e Lodi rispetto al dominio di calcolo (descritto in dettaglio nel paragrafo 4.2.3). Come si nota dalla figura, le centraline maggiormente rappresentative della qualità dell'aria nella zona del Data Center sono la stazione di traffico urbana di San Giuliano (MI) e la stazione di fondo suburbana di Tavazzano (LO).

**Figura 4.2.4-1** *Posizionamento delle centraline di monitoraggio nelle province di Milano e Lodi in corrispondenza del dominio di calcolo*



La *Tabella 4.2.4-1*, presa dal "Rapporto sulla qualità dell'aria – Provincia di Milano, Anno 2022", mostra l'andamento delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> nel corso degli ultimi venti anni nella provincia di Milano. Concentrandosi in particolare sulla stazione di San Giuliano, limitrofa al sito in analisi, si evince quindi che l'area circostante al Data Center è caratterizzata da una concentrazione media annuale di NO<sub>2</sub> in diminuzione negli ultimi anni; in particolare si è registrata una concentrazione media annuale di 34 µg/m<sup>3</sup> rispettivamente gli ultimi due anni e un superamento del limite di legge (pari a 40 µg/m<sup>3</sup>) nel 2019, con media annuale misurata di 43 µg/m<sup>3</sup>. Tutta la provincia è caratterizzata da concentrazioni di NO<sub>2</sub> alte, molto vicine ai limiti di legge.

**Tabella 4.2.4-1 Concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> nella provincia di Milano**

| Stazione            | 2008      | 2009      | 2010      | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      | 2015 | 2016      | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      | 2022      |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MI-Liguria          | 79        | 63        | 59        | 75        | 77        | 62        | 64        | 68   | 58        | 56        | 45        | 40        | 39        | 42        | 40        |
| MI-Marche           | 74        | 79        | 73        | 79        | 67        | 57        | 56        | 75   | 67        | 64        | 59        | 57        | 48        | 44        | 44        |
| MI-Pascal           | 49        | 60        | 59        | 51        |           | 43        | 43        | 45   | 43        | 45        | 38        | 37        | 30        | 34        | 35        |
| MI-Senato           | 61        | 73        | 65        | 64        | 52        | 56        | 59        | 57   | 56        | 54        | 49        | 45        | 41        | 42        | 38        |
| MI-Verziere         | 49        | 56        | 50        | 57        | 51        | 53        | 47        | 48   | 48        | 48        | 46        | 40        | 37        | 35        | 35        |
| Arconate            | 28        | 31        | 28        | 31        | 20        | 25        | 19        | 20   | 24        | 24        | 22        | 25        | 20        | 19        | 20        |
| Cassano             | 46        | 36        |           | 52        | 48        | 41        | 34        | 37   | 49        | 46        | 37        | 32        | 34        | 30        | 28        |
| Cinisello B.        | 65        | 71        | 75        | 70        | 67        | 63        | 37        | 51   | 56        | 61        | 54        | 49        | 40        | 49        | 45        |
| Cormano             | 64        | 62        | 61        | 67        | 54        | 48        | 40        | 47   | 45        | 48        | 41        | 45        | 35        | 37        | 38        |
| Limite              | 39        | 38        | 34        | 38        | 36        | 31        | 31        | 42   | 46        |           | 34        | 34        | 30        | 32        | 31        |
| Motta V.            | 30        | 29        | 24        | 28        | 31        | 25        | 22        | 23   | 25        | 29        | 22        | 22        | 22        | 21        | 21        |
| Rho                 | 54        | 55        | 52        | 56        | 50        | 47        | 43        | 52   | 44        | 46        | 35        | 41        | 39        | 34        | 33        |
| <b>San Giuliano</b> | <b>49</b> | <b>47</b> | <b>47</b> | <b>48</b> | <b>50</b> | <b>44</b> | <b>47</b> |      | <b>40</b> | <b>47</b> | <b>38</b> | <b>43</b> | <b>36</b> | <b>34</b> | <b>34</b> |
| Sesto S. G.         | 56        | 56        | 64        | 68        | 64        | 54        | 51        | 60   | 43        |           | 43        | 42        | 38        | 42        | 40        |
| Turbigo             | 27        | 34        | 26        | 27        | 24        | 24        | 21        | 24   | 22        | 23        | 22        | 23        | 19        | 19        | 19        |
| Magenta             | 54        | 41        | 41        | 46        | 42        | 37        | 34        | 35   | 34        | 42        | 39        | 35        | 29        | 31        | 32        |
| Robecchetto         | 52        | 44        | 25        | 30        | 33        | 25        | 22        | 26   | 25        | 25        | 23        | 23        | 18        | 21        | 20        |
| Trezzo              | 33        | 29        | 30        | 30        | 30        | 32        |           |      | 39        | 39        | 27        | 40        | 21        | 24        | 23        |

La *Tabella 4.2.4-2*, presa dal “Rapporto sulla qualità dell’aria – Provincia di Lodi, Anno 2022”, mostra l’andamento delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> nel corso degli ultimi venti anni nella provincia di Lodi. Nella provincia di Tavazzano si evidenzia un andamento stabile delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> negli ultimi 5 anni, con valori medi annuali intorno alla metà del limite di legge.

**Tabella 4.2.4-2 Concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub> nella provincia di Lodi**

| Stazione          | 2001      | 2002      | 2003      | 2004      | 2005 | 2006      | 2007      | 2008      | 2009      | 2010      | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      | 2022      |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| V.le Vignati      | 46        | 50        | 46        | 50        | 49   | 46        | 45        | 50        | 42        | 32        | 31        | 37        | 34        | 32        | 33        | 33        | 37        | 34        | 33        | 29        | 30        | 27        |
| S.Alberto         |           |           |           |           |      |           |           |           | 32        | 34        | 36        | 37        | 32        | 34        | 35        | 32        | 33        | 29        | 29        | 26        | 26        | 23        |
| Abbadia Cerreto   | 24        | 27        | 27        | 28        | 25   | 26        | 24        | 22        | 23        |           |           | 27        | 23        | 20        | 20        | 20        | 22        | 21        | 22        | 19        | 20        | 19        |
| Bertonico         |           |           |           |           |      |           |           |           | 24        | 26        | 28        | 26        | 26        | 38        | 30        | 23        | 26        | 22        | 24        | 22        | 22        | 22        |
| Codogno           | 42        | 43        | 44        | 47        | 43   | 41        | 30        | 29        | 37        | 39        | 34        | 33        | 29        | 30        | 37        | 34        | 35        | 34        | 31        | 27        | 30        | 29        |
| S.Rocco al Porto  |           | 40        | 44        | 53        | 41   |           | 36        | 34        | 31        | 26        | 27        | 27        | 25        | 25        | 27        | 25        | 26        | 22        | 21        | 22        | 25        | 23        |
| <b>Tavazzano</b>  | <b>29</b> | <b>29</b> | <b>32</b> | <b>33</b> |      | <b>25</b> | <b>29</b> | <b>28</b> | <b>29</b> | <b>31</b> | <b>24</b> | <b>30</b> | <b>26</b> | <b>25</b> | <b>26</b> | <b>28</b> | <b>26</b> | <b>22</b> | <b>25</b> | <b>22</b> | <b>23</b> | <b>22</b> |
| Castiraga Vidardo | 35        | 33        | 32        | 33        | 33   | 29        | 26        | 23        | 31        | 26        | 24        | 21        | 24        | 21        | 31        | 25        | 23        |           |           |           |           |           |
| Montanaso         | 33        | 33        | 30        | 32        | 34   | 29        | 21        | 19        | 32        | 26        | 29        | 26        | 25        | 18        | 26        | 22        | 25        | 23        | 28        | 22        | 22        | 23        |

Infine, la *Tabella 4.2.4-3* presa dal “Rapporto sulla qualità dell’aria – Provincia di Lodi, Anno 2022”, mostra l’andamento delle concentrazioni medie annuali di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> nel corso degli ultimi venti anni nella provincia di Lodi. Nella provincia di Tavazzano si evidenzia un andamento stabile delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> negli ultimi 5 anni, con valori medi annuali inferiori al limite di legge.

**Tabella 4.2.4-3 Concentrazioni medie annuali di  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$  nella provincia di Lodi**

| Specie           | Stazione         | 2008      | 2009      | 2010      | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      | 2022      |
|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PM <sub>10</sub> | V.le Vignati     | 43        | 42        | 35        | 42        | 40        | 38        | 33        | 39        | 33        | 42        | 38        | 29        | 33        | 32        | 34        |
|                  | S.Alberto        |           | 32        | 33        | 38        | 34        | 32        | 37        | 38        | 31        | 35        | 31        | 29        | 31        | 30        | 31        |
|                  | Bertonico        |           | 32        | 36        | 43        | 41        | 35        | 33        | 36        | 32        | 35        | 31        | 29        | 31        | 31        | 30        |
|                  | Codogno          | 52        | 45        | 41        | 37        | 43        | 41        | 34        | 39        | 30        | 38        | 35        | 36        | 37        | 37        | 38        |
|                  | S.Rocco al Porto | 34        | 34        | 31        | 36        | 35        | 30        | 29        | 33        | 31        | 35        | 28        | 28        | 28        | 28        | 29        |
|                  | <b>Tavazzano</b> | <b>38</b> | <b>40</b> | <b>35</b> | <b>41</b> | <b>37</b> | <b>35</b> | <b>30</b> | <b>40</b> | <b>32</b> | <b>39</b> | <b>34</b> | <b>29</b> | <b>32</b> | <b>30</b> | <b>33</b> |
| PM <sub>25</sub> | Vignati          | 25        | 28        | 25        | 27        | 24        | 21        | 17        | 22        | 20        | 22        | 18        | 15        | 17        | 16        | 16        |
|                  | S.Alberto        |           | 25        | 26        | 31        | 26        | 26        | 21        | 27        | 24        | 27        | 24        | 23        | 24        | 22        | 23        |

#### 4.2.4.2 MAPPE DI CONCENTRAZIONE DI BACKGROUND

La configurazione modellistica utilizzata per caratterizzare il fondo di concentrazione è basata sul codice fotochimico FARM (Flexible Air quality Regional Model) alla risoluzione orizzontale di 12 km, effettuata all'interno del Sistema per la previsione della Qualità dell'Aria per Italia ed Europa QualeAria di ARIANET (Kukkonen et al., 2012, [www.qualearia.eu](http://www.qualearia.eu)).

FARM è un modello euleriano tridimensionale a griglie multiple sviluppato da ARIANET per la simulazione dei processi fotochimici a diverse scale spaziali ed è comunemente utilizzato per la valutazione delle concentrazioni in aria ambiente degli inquinanti primari e secondari e delle loro deposizioni al suolo. Si tratta di un modello idoneo sia per attività di ricerca sia per studi applicativi. FARM costituisce il nucleo centrale del Sistema Modellistico Atmosferico nell'ambito della convenzione pluriennale tra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ed ENEA, del sistema MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'inquinamento atmosferico). Il modello include inoltre schemi di "assimilazione dati" in grado di integrare i campi prodotti dal modello con le informazioni sperimentali fornite dalle reti di monitoraggio e correntemente impiegato nei sistemi previsionali di diverse Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale.

L'input meteorologico di FARM è lo stesso utilizzato per le simulazioni di dispersione lagrangiane (descritto nel paragrafo 4.2.5), ma riferito all'anno 2021.

Le mappe di concentrazione orarie prodotte da FARM a 12 km di risoluzione sono state portate a 1 km di risoluzione utilizzando tecniche di discesa di scala basate sull'algoritmo di Machine Learning Random Forest (Breiman, 2001 – Silibello et al., 2021). Tali algoritmi prevedono l'utilizzo dei campi di concentrazione prodotti da FARM come predittori, (insieme ad altri, tra cui matrici di uso del suolo, indice di area fogliare, distanza da strade) e sono stati calibrati sulle misure di concentrazione della rete osservativa di qualità dell'aria del territorio italiano nell'anno 2021.

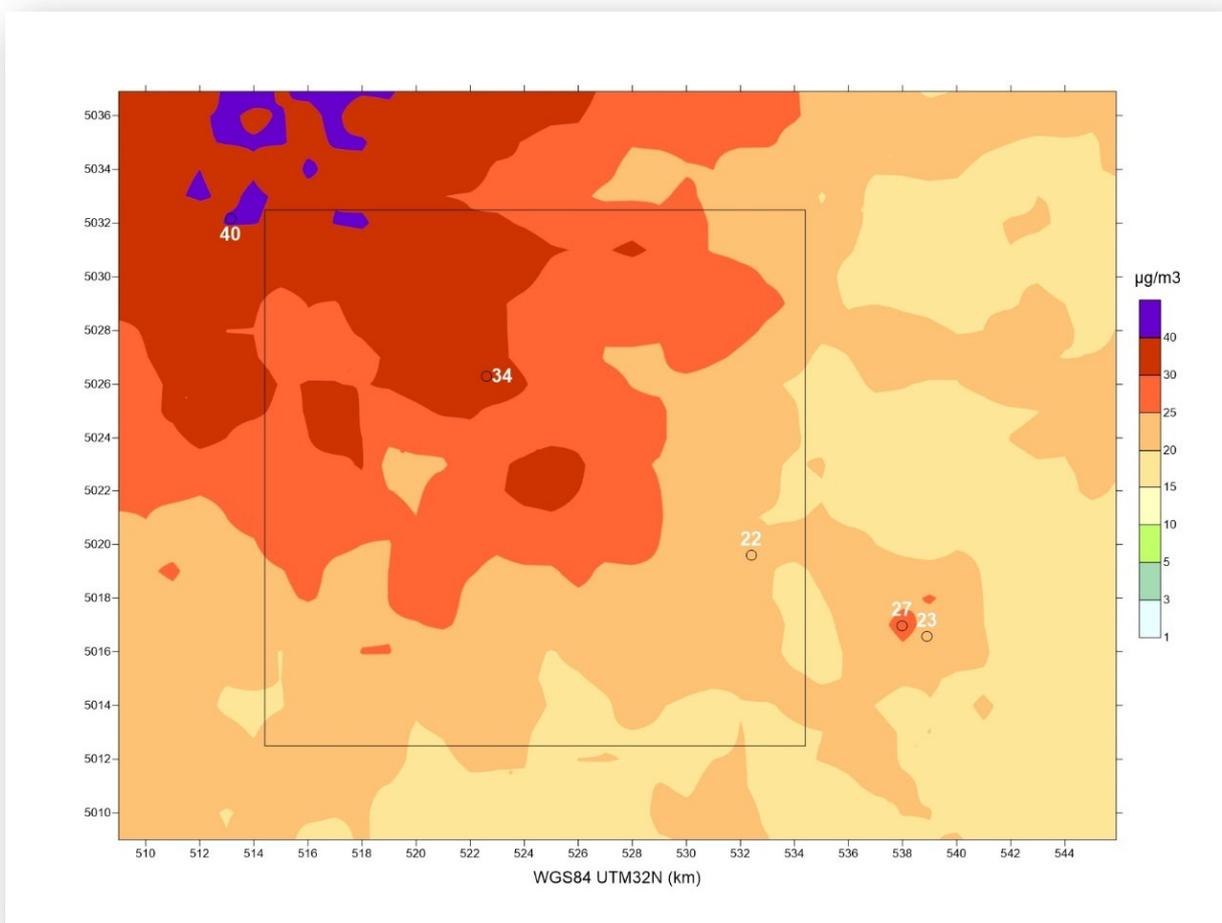
Infine le mappe di concentrazione sono state interpolate a 100 m di risoluzione ed aggiornate utilizzando tecniche di data fusion sulle misure di concentrazione di specifiche centraline per l'anno 2022 (Silibello et al., 2014).

Ci si è focalizzati su un dominio di calcolo più esteso rispetto a quello considerato per le simulazioni modellistiche lagrangiane (descritto in dettaglio nel paragrafo 4.2.3). In questo modo è stato possibile l'utilizzo delle centraline di Lodi V.le Vignati, Lodi S.Alberto e Milano Liguria, oltre a quelle di San Giuliano e Tavazzano.

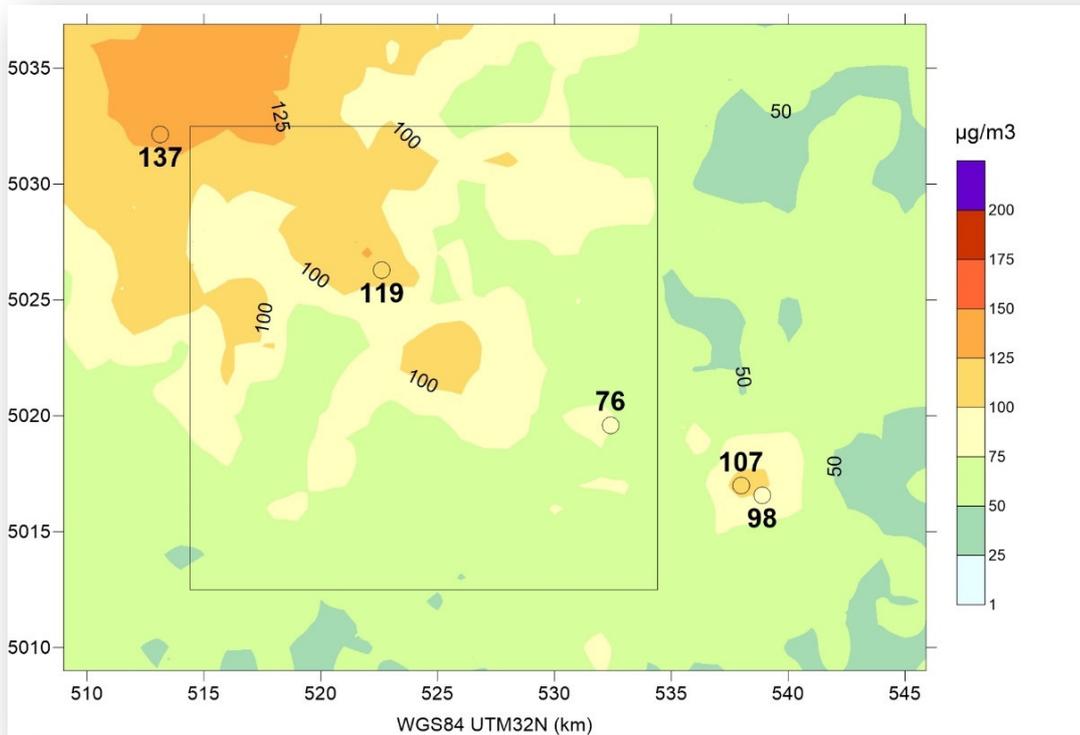
Nelle figure seguenti sono riportate le mappe di concentrazione di background ottenute da FARM con il metodo appena descritto, per le medie annuali di PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub>, 99.8 percentile orario di NO<sub>2</sub> e 90.4 percentile giornaliero di PM<sub>10</sub> (regolati dai limiti di legge). Sulle mappe sono indicati anche i valori di concentrazione misurati dalle stazioni di monitoraggio, oltre al dominio che verrà utilizzato per le simulazioni lagrangiane.

Le concentrazioni di NO<sub>2</sub> aumentano con l'avvicinarsi all'area metropolitana di Milano, verso il vertice nord ovest del dominio, dove si registrano superamenti del limite di legge per la media annuale di NO<sub>2</sub>. Il particolato mantiene un'omogeneità più diffusa, attestandosi su valori prossimi ai limiti di legge.

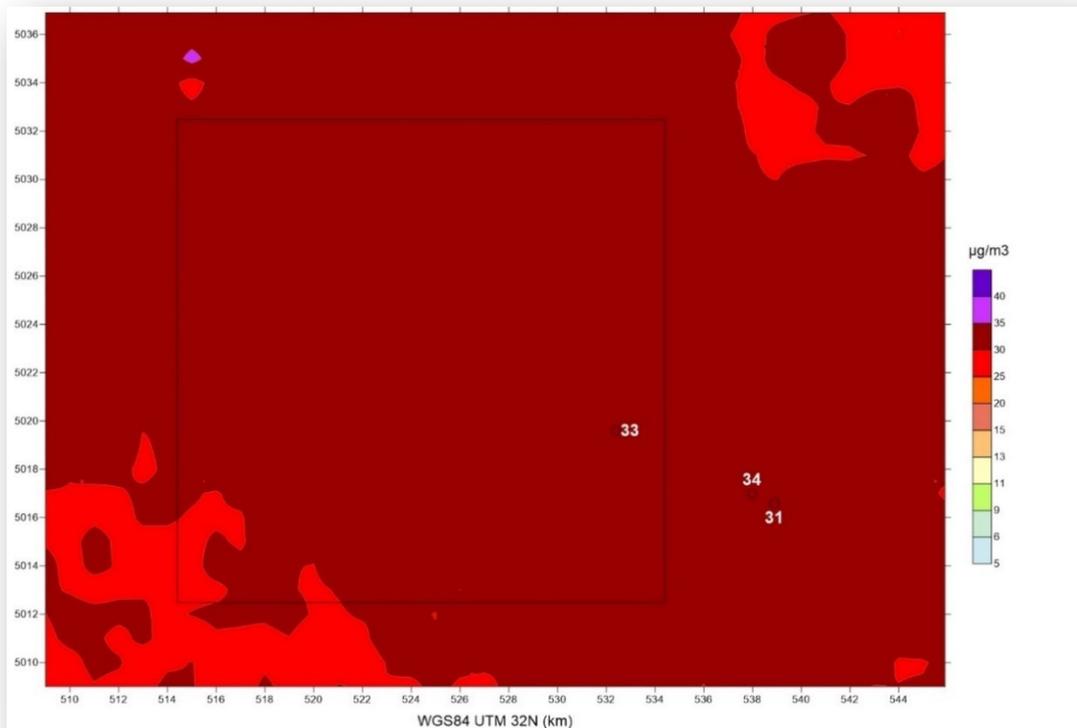
**Figura 4.2.4-2** *Mappa di concentrazione di background da FARM per la media annuale di NO<sub>2</sub> e confronto con osservazioni*



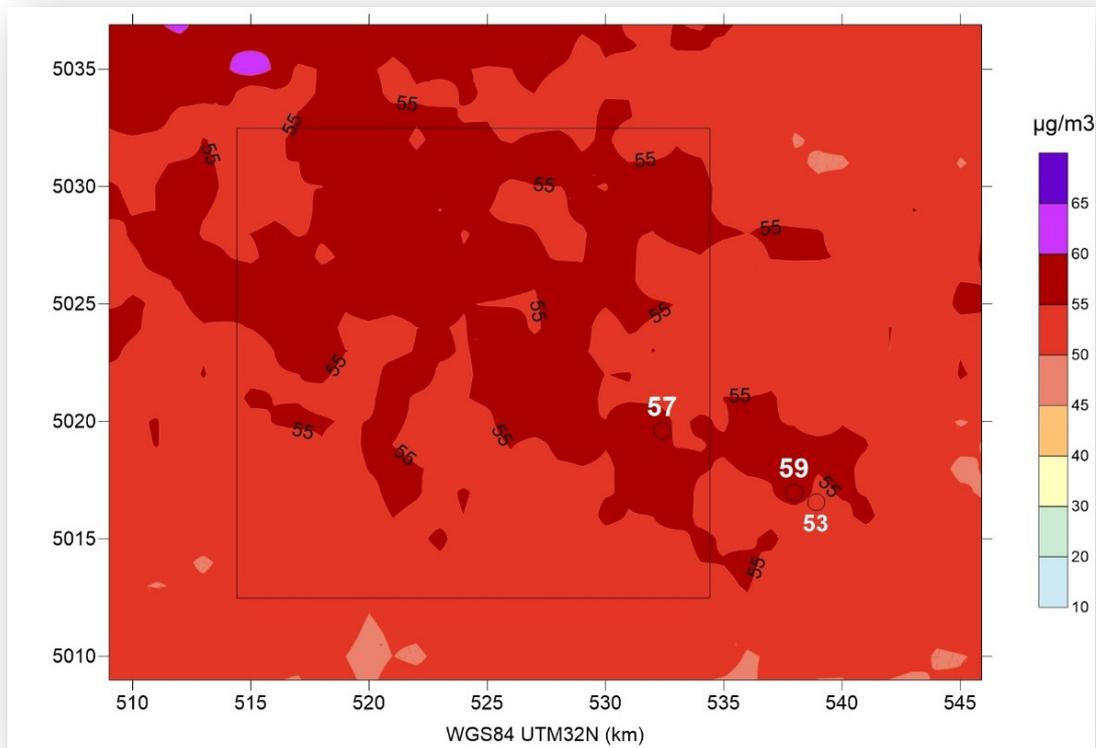
**Figura 4.2.4-3** *Mappa di concentrazione di background da FARM per 99.8 percentile orario di NO<sub>2</sub> e confronto con osservazioni*



**Figura 4.2.4-4** *Mappa di concentrazione di background da FARM per media annuale di PM<sub>10</sub> e confronto con osservazioni*



**Figura 4.2.4-5** *Mappa di concentrazione di background da FARM per il 90.4 percentile giornaliero di PM<sub>10</sub>*



#### 4.2.5 DATI METEOROLOGICI

Il sistema modellistico utilizzato necessita di campi meteorologici 3D sul dominio di dettaglio a 100 m di risoluzione orizzontale e su base oraria. In particolare, SPRAY ricostruisce il destino degli inquinanti attraverso un elevato numero di particelle indipendenti in grado di rappresentare nel dettaglio, mediante le loro traiettorie, il trasporto e la dispersione di differenti porzioni dei pennacchi emessi. Il modello è quindi in grado di rappresentare con continuità, anche e soprattutto lungo la verticale, la dinamica dei pennacchi ed è quindi necessario garantire la coerenza spazio/temporale delle informazioni meteorologiche su base tridimensionale per evitare una rappresentazione distorta del loro movimento. Da questo punto di vista, un metodo che garantisce di fornire in input al modello le informazioni meteorologiche con la coerenza necessaria prevede l'utilizzo di una discesa di scala di diversi modelli.

La configurazione modellistica utilizzata è caratterizzata da una prima ricostruzione sul territorio in esame mediante il codice meteorologico RAMS (Walko e Tremback, 1995) fino alla risoluzione orizzontale di 12 km, effettuata all'interno del Sistema per la previsione della Qualità dell'Aria per Italia ed Europa QualeAria di ARIANET (Kukkonen et al., 2012, [www.qualearia.eu](http://www.qualearia.eu)) per l'anno di riferimento 2022. I campi ricostruiti a questa scala, in grado di riprodurre le principali caratteristiche della circolazione locale, subiscono un'ulteriore discesa di scala fino alla risoluzione target di 100 m sul dominio considerato mediante l'applicazione dei codici Swift (per la ricostruzione dei campi di vento medio a divergenza nulla e di temperatura) e SurfPro (per la ricostruzione della turbolenza). Durante questa discesa di scala, i campi vengono ulteriormente adattati alle condizioni locali mediante una

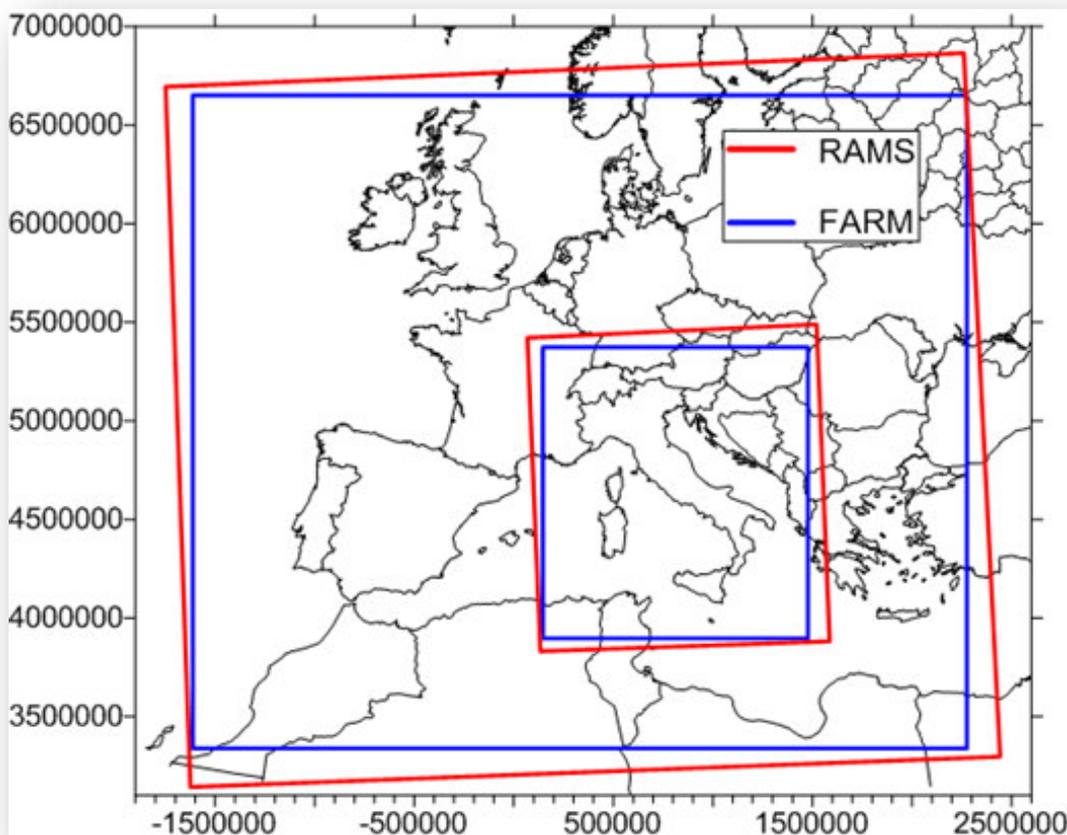
matrice di uso del suolo che tiene conto delle caratteristiche del terreno ad alta risoluzione. In questo modo è stata generata una base di dati meteorologici tridimensionali coerente con le caratteristiche richieste dal modello di dispersione, in grado di ricostruire una situazione statisticamente soddisfacente del flusso atmosferico se confrontata con i dati disponibili nella zona.

#### 4.2.5.1 SIMULAZIONI CON IL CODICE METEOROLOGICO RAMS

Per la ricostruzione dei campi meteorologici fino alla risoluzione orizzontale di 12 km sono stati estratti i dati meteorologici prodotti dal sistema modellistico Sistema per la previsione della Qualità dell'Aria per Italia ed Europa QualeAria di ARIANET (Kukkonen et al., 2012, [www.qualearia.eu](http://www.qualearia.eu)).

Tale sistema produce campi meteorologici su base oraria mediante l'applicazione del modello prognostico alle equazioni primitive RAMS (Walko e Tremback, 1995), guidato al contorno da campi di analisi a grande scala e, localmente, mediante l'utilizzo di dati misurati. In particolare, vengono considerati 2 domini innestati a partire dal più esterno che copre gran parte dell'Europa a 60 km di risoluzione orizzontale, mentre quello interno copre tutto il territorio italiana a 12 km di risoluzione. La *Figura 4.2.5-1* illustra il posizionamento e la dimensione orizzontale dei domini meteorologici, dove le aree coperte dalle simulazioni sono rappresentate dai rettangoli rossi.

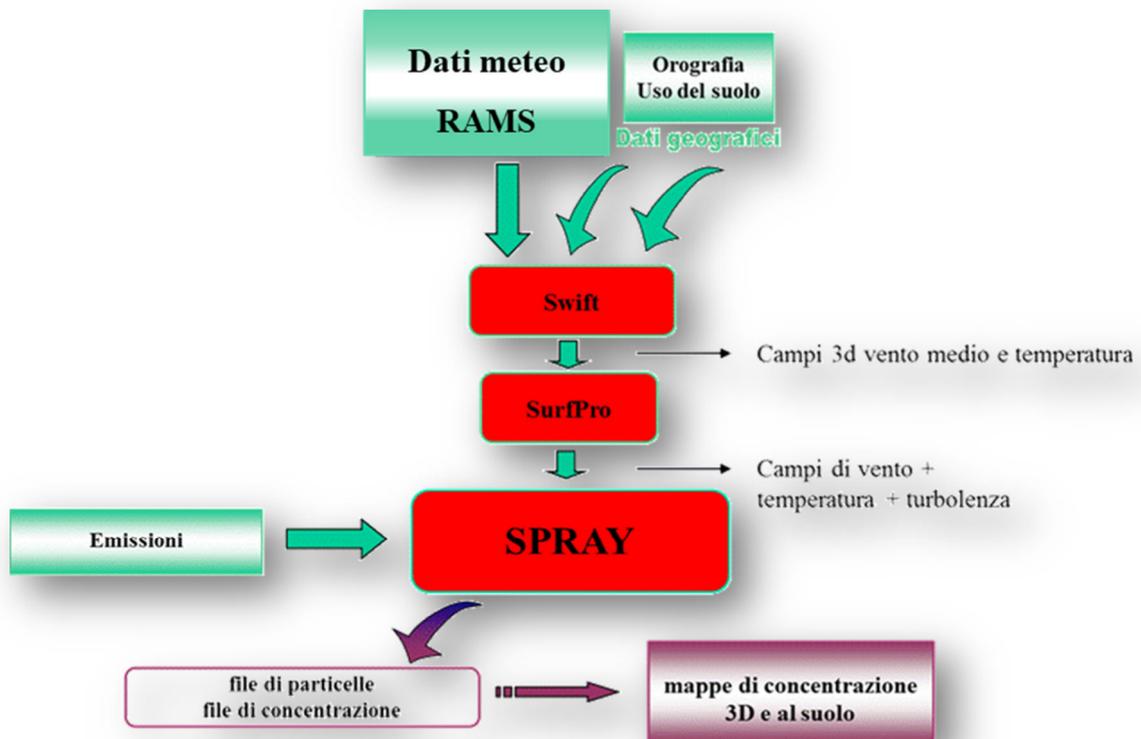
**Figura 4.2.5-1** Vista di insieme dei domini innestati di integrazione per il modello RAMS



#### 4.2.5.2 DISCESA DI SCALA CON SWIFT E SURFPRO

I campi prodotti alimentano la sezione meteorologica del sistema per la discesa di scala, costituita dai codici diagnostici SWIFT e SurfPro (descritti in Appendice) che ricostruiscono, su base oraria, il flusso medio (velocità e direzione del vento) e la temperatura dell'aria mediante campi tridimensionali, nonché la turbolenza atmosferica mediante campi bidimensionali di opportune variabili di scala su un grigliato discreto di punti a risoluzione più elevata, in grado di tenere meglio conto degli effetti locali indotti dalle caratteristiche di dettaglio del terreno. Queste informazioni vengono direttamente utilizzate dal codice di dispersione SPRAY per definire il moto delle particelle virtuali che rappresentano le diverse emissioni considerate, allo scopo di produrre campi di concentrazione su base oraria per l'intero periodo di simulazione. La seguente *Figura 4.2.5-2* illustra il diagramma a blocchi dei modelli coinvolti e delle loro relazioni.

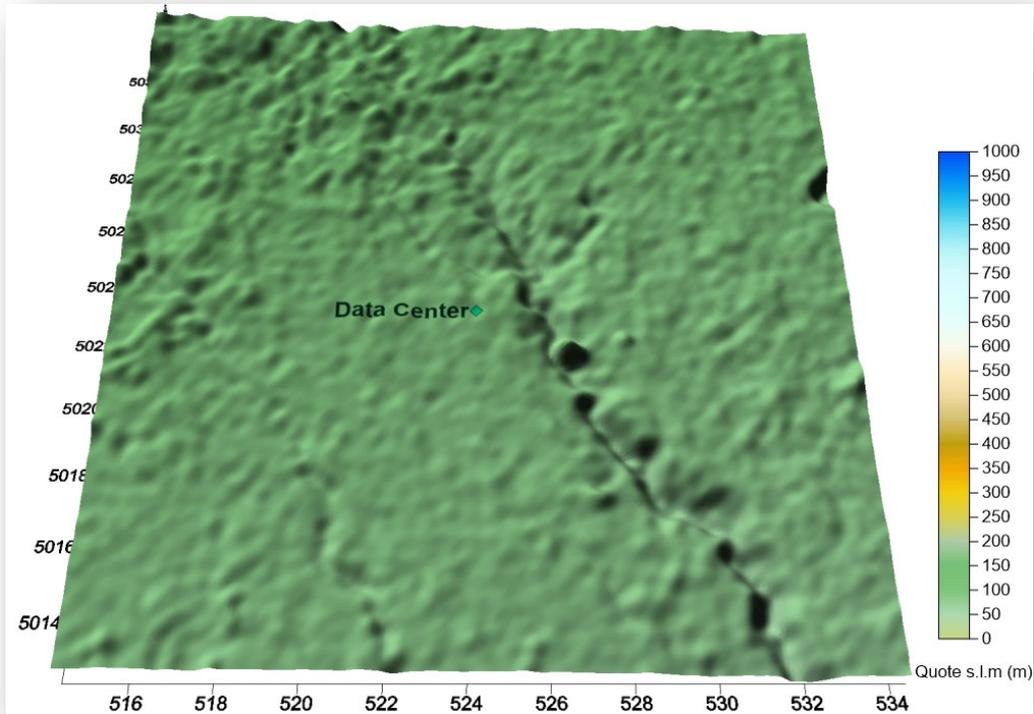
**Figura 4.2.5-2 Diagramma a blocchi relativo al funzionamento del sistema modellistico**



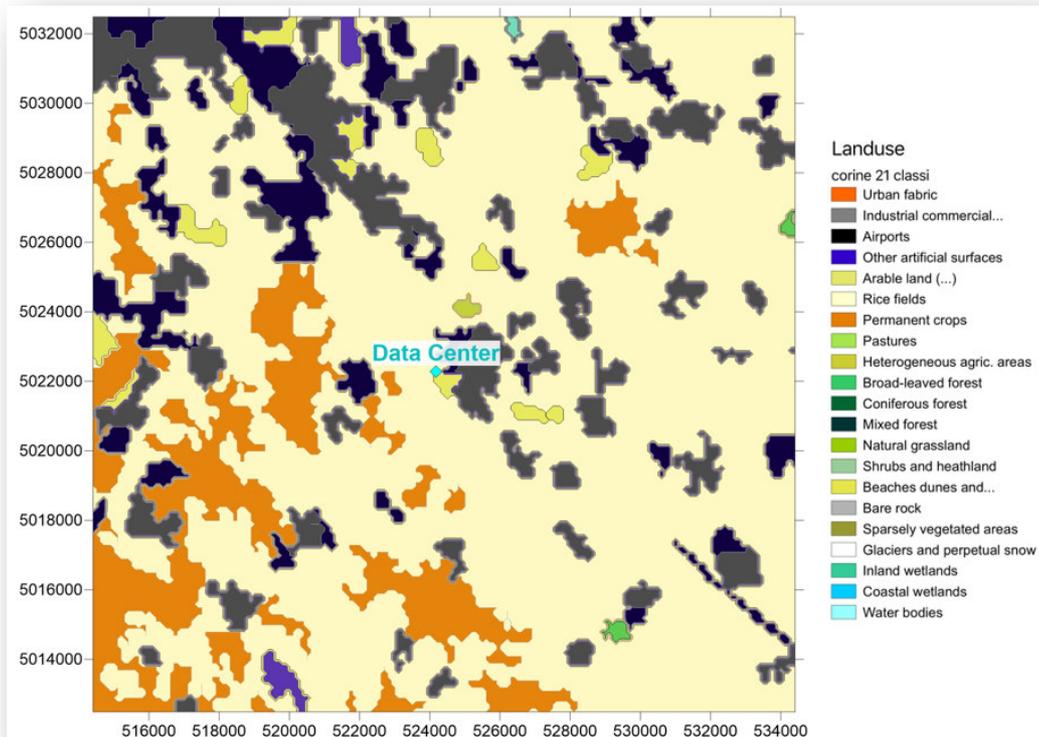
Le caratteristiche locali di maggior dettaglio del terreno vengono definite alla risoluzione orizzontale target di 100 metri mediante un modello digitale del terreno ed una matrice di uso del suolo. La *Figura 4.2.5-3* mostra una rappresentazione tridimensionale dell'orografia. I valori minimi e massimi dell'orografia locale vanno da circa 60 m a 117 m s.l.m., confermando la presenza di terreno sostanzialmente pianeggiante.

La *Figura 4.2.5-4* mostra la matrice di uso del suolo sovrapposta alle isolinee del modello digitale del terreno. I codici di uso del suolo sono definiti secondo una classificazione a 21 classi ricavata da quella standard europea CORINE a 44 classi (EEA Data Service), mediante accorpamento di alcune categorie, secondo la didascalia riportata nella medesima figura.

**Figura 4.2.5-3** *Rappresentazione 3D dell'orografia nel dominio di calcolo. Il simbolo identifica la posizione del Data Center. Livelli colorati rappresentano le quote in m sopra il livello del mare secondo la scala a destra in metri*



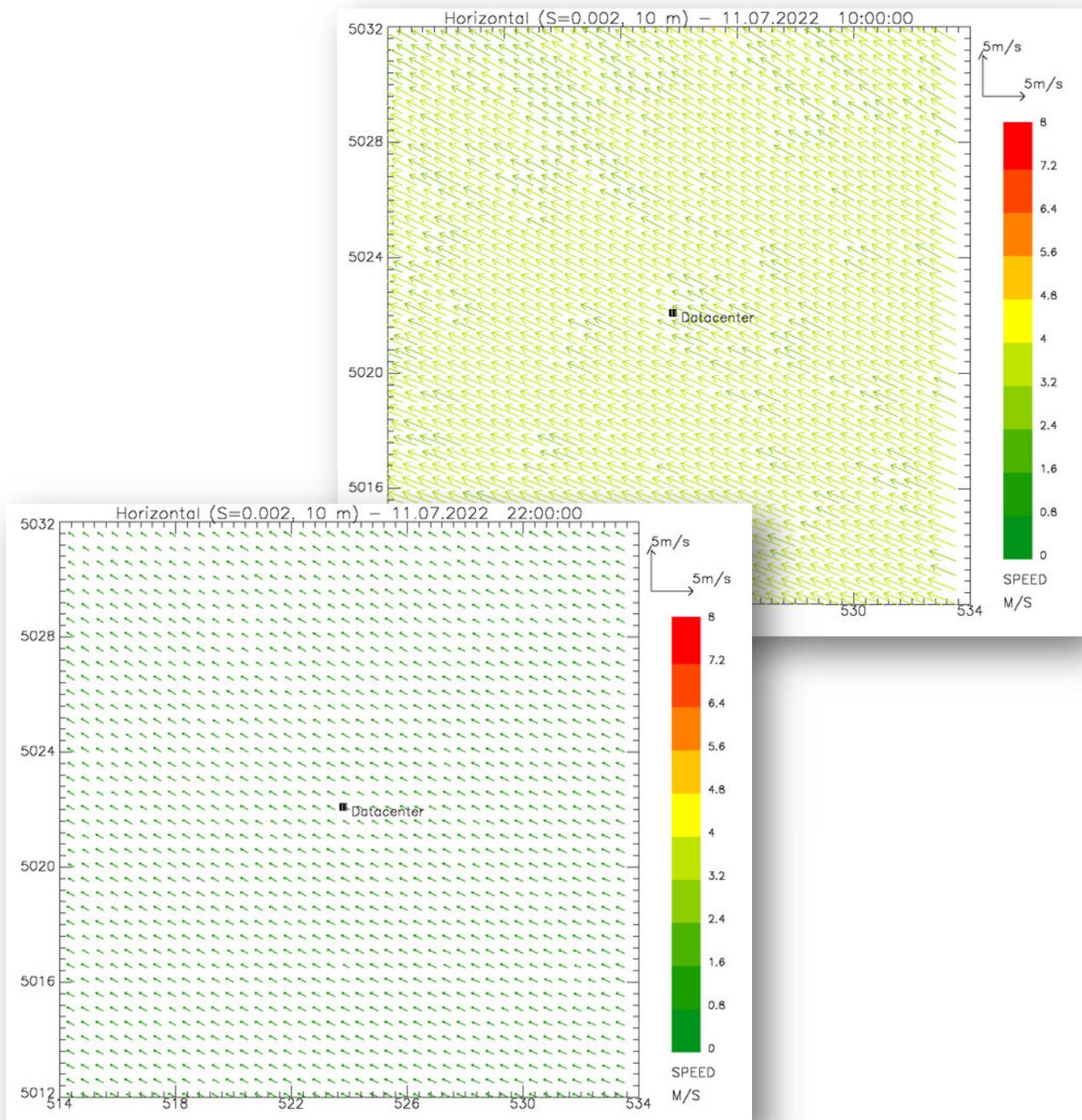
**Figura 4.2.5-4** *Dominio di calcolo con uso del suolo CORINE 21 classi a 100 m di risoluzione. Il simbolo identifica la posizione del Data Center.*



Il modello diagnostico SWIFT è stato utilizzato per ricostruire il campo tridimensionale di vento e temperatura alla risoluzione orizzontale di 100 m sul dominio target, che costituisce una parte dell'informazione meteorologica ad alta risoluzione necessaria al modello SPRAY.

La *Figura 4.2.5-5* illustra, a titolo di esempio, la rappresentazione del campo di vento a circa 10 m dal suolo, ricostruito da Swift il giorno 11/07/2021 alle ore 10:00 e alle ore 22:00. Si notano venti più veloci provenienti da Ovest nell'ora diurna e venti più deboli provenienti da Sud nell'ora notturna.

**Figura 4.2.5-5 Campi di vento in prossimità del suolo calcolati il giorno 11/07/2021 alle ore 10:00 (alto) e alle ore 22:00 (basso) da SWIFT.** Per maggiore chiarezza il campo è rappresentato con risoluzione orizzontale di 800 m. Velocità del vento in m/s secondo la scala colorata a destra.



Il modello di dispersione SPRAY, per determinare il trasporto degli inquinanti emessi in atmosfera oltre alle caratteristiche del vento che domina il trasporto in direzione orizzontale richiede che siano definite le caratteristiche della turbolenza atmosferica, cioè dei moti disordinati che hanno origine sia meccanica che termica e che favoriscono, in condizioni di instabilità, la dispersione anche nella direzione verticale.

Nei modelli utilizzati per il presente lavoro, la turbolenza viene descritta attraverso opportune variabili fisiche dette 'di scala', che hanno il compito di riassumerne le principali caratteristiche. Tali variabili sono:

- $u^*$  o velocità di frizione, che descrive gli effetti legati alla turbolenza di tipo 'meccanico', dovuti alla presenza di ostacoli superficiali o variazioni con la quota della velocità del vento (shear);
- $H_{mix}$  o altezza dello strato limite, che rappresenta lo strato adiacente al suolo variabile nel tempo e nello spazio all'interno del quale avvengono i principali fenomeni turbolenti generati dall'interazione del flusso atmosferico con la superficie, e dove vengono in genere immesse le sostanze inquinanti;
- $L$  o lunghezza di Monin-Obukhov che è un indicatore della stabilità atmosferica. Un'atmosfera stabile tende ad un minore rimescolamento e dispersione delle sostanze emesse, al contrario un'atmosfera instabile è caratterizzata da una maggiore efficienza dispersiva. Valori negativi vicini allo zero sono rappresentativi di un'atmosfera instabile in condizioni convettive diurne, valori positivi piccoli sono invece caratteristici di un'atmosfera stabile tipicamente notturna;
- $w^*$  o velocità convettiva di scala che rappresenta una misura dell'intensità della turbolenza nelle ore più calde in presenza di forte irraggiamento solare.

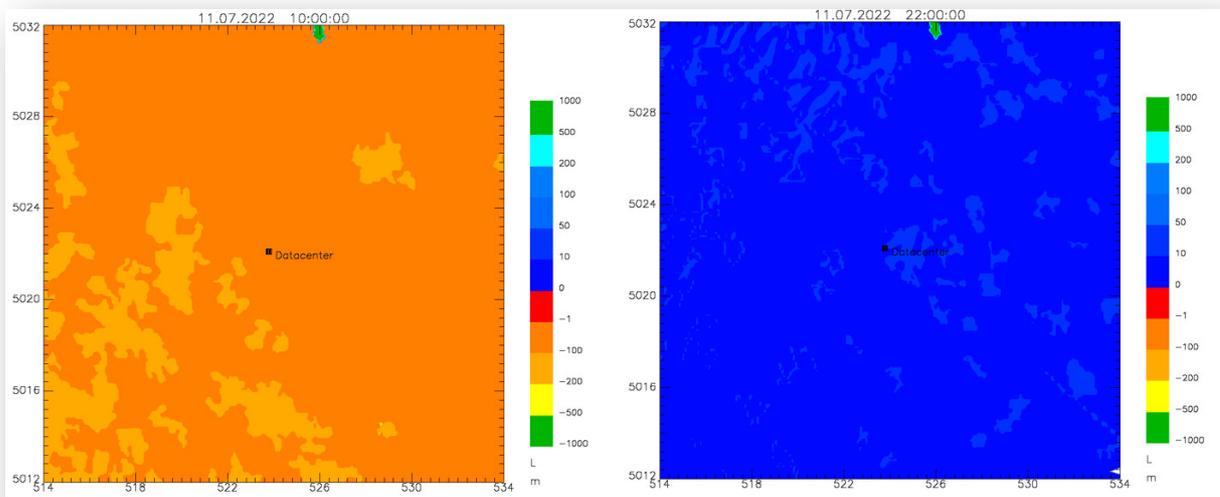
I campi di queste variabili vengono ricostruiti ora per ora su tutto il dominio mediante l'utilizzo del preprocessore SurfPro, sviluppato da ARIANET S.r.l. (Silibello, 2006, ARIANET, 2015) e descritto in appendice, tenendo conto delle disomogeneità orizzontali indotte dalla presenza di differenti caratteristiche di uso del suolo.

In particolare, per il calcolo del flusso di calore sensibile alla superficie è stato utilizzato lo schema iterativo di bilancio energetico suggerito da Holstlag e van Ulden (1983), mentre per il calcolo della velocità di frizione sono stati utilizzati gli schemi suggeriti da Holstlag van Ulden (1983) nelle situazioni neutre ed instabili diurne e da Venkatram (1980) e Weil e Brower (1983) nelle situazioni stabili e notturne.

Per il calcolo della lunghezza di Monin-Obukhov e dell'altezza dello strato limite, nelle condizioni diurne convettive viene utilizzato uno schema dovuto a Carson (1973), mentre in condizioni neutre e stabili vengono utilizzati gli schemi sviluppati da Venkatram (1980).

A titolo di esempio, la *Figura 4.2.5-6* illustra il campo della variabile  $H_{mix}$  alle ore 10:00 del giorno 11/07/2021, e lo stesso campo alle ore 22:00. Durante questa giornata estiva si ha lo sviluppo di uno strato limite stabile nelle ore notturne, mentre durante le ore diurne si sviluppa uno strato limite instabile convettivo. L'utilizzo di un uso del suolo ad elevata risoluzione rende possibile l'individuazione di zone di disuniformità nelle caratteristiche turbolente dell'atmosfera, che vengono tenute in conto dal modello di dispersione a particelle durante il moto di queste ultime.

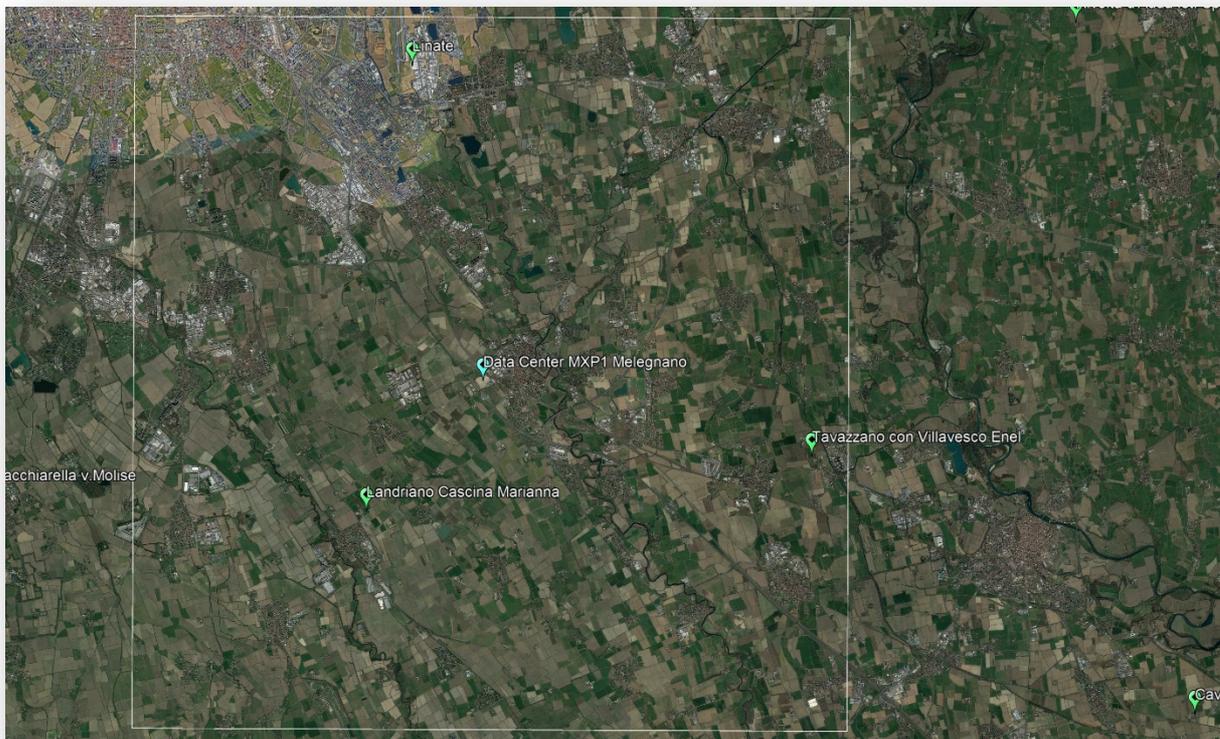
**Figura 4.2.5-6** Campo dell'altezza dello strato limite  $H_{mix}$  (m) simulato da SurfPro alle ore 10:00 (sinistra) e alle ore 22:00 (destra) del giorno 11/07/2021.



#### 4.2.5.3 VERIFICA DELLA SIMULAZIONE METEOROLOGICA CON I DATI LOCALI

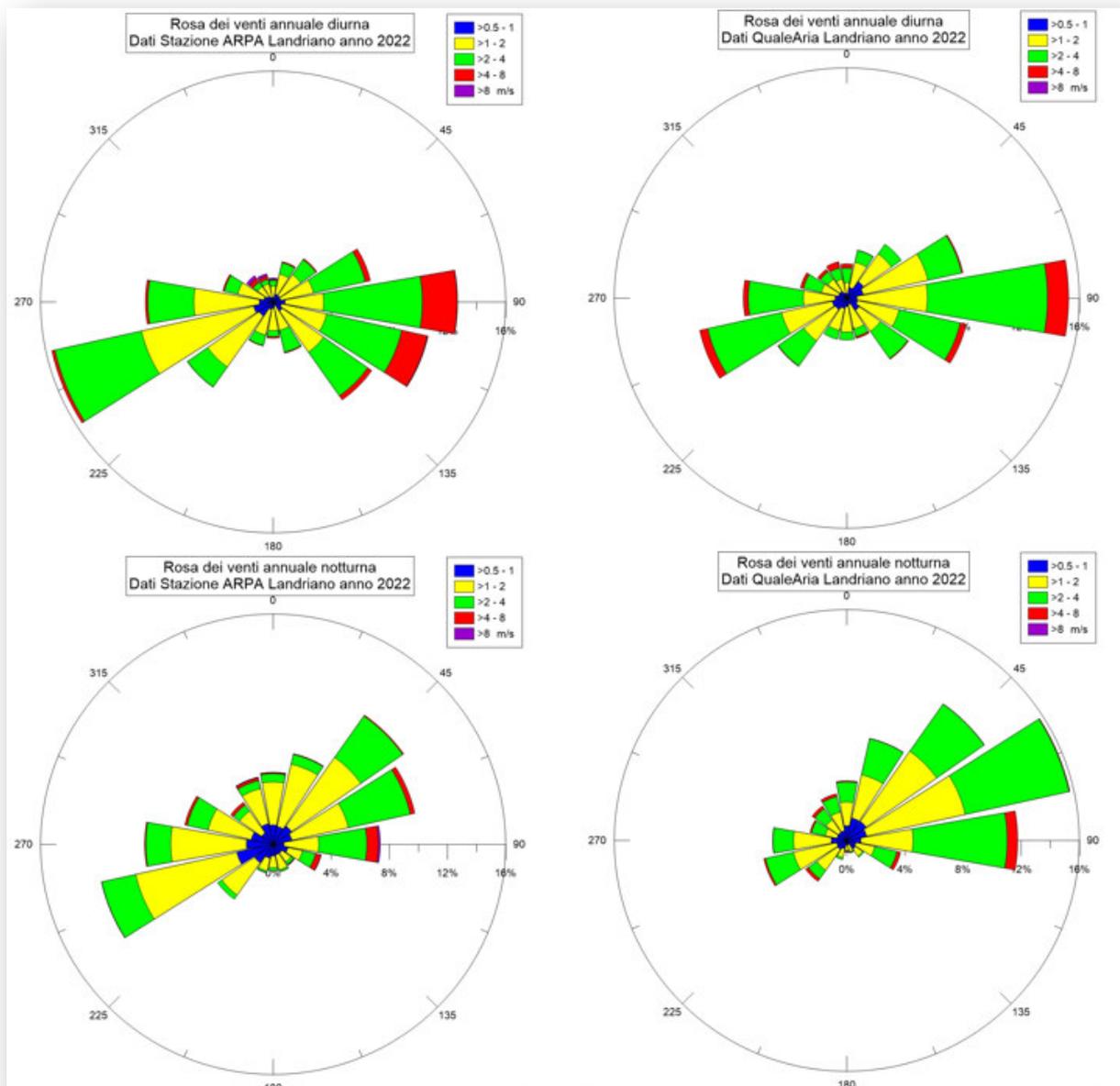
Per verificare i risultati delle simulazioni modellistiche meteorologiche vengono considerate le osservazioni effettuate nelle stazioni di Landriano, installata e gestita da ARPA Lombardia, e dell'aeroporto di Linate, posizionate a pochi km dall'impianto come mostrato in *Figura 4.2.5-7*; possono quindi essere considerate rappresentative del regime anemologico che caratterizza il sito.

**Figura 4.2.5-7** Posizionamento delle stazioni di Landriano e Linate rispetto al Data Center

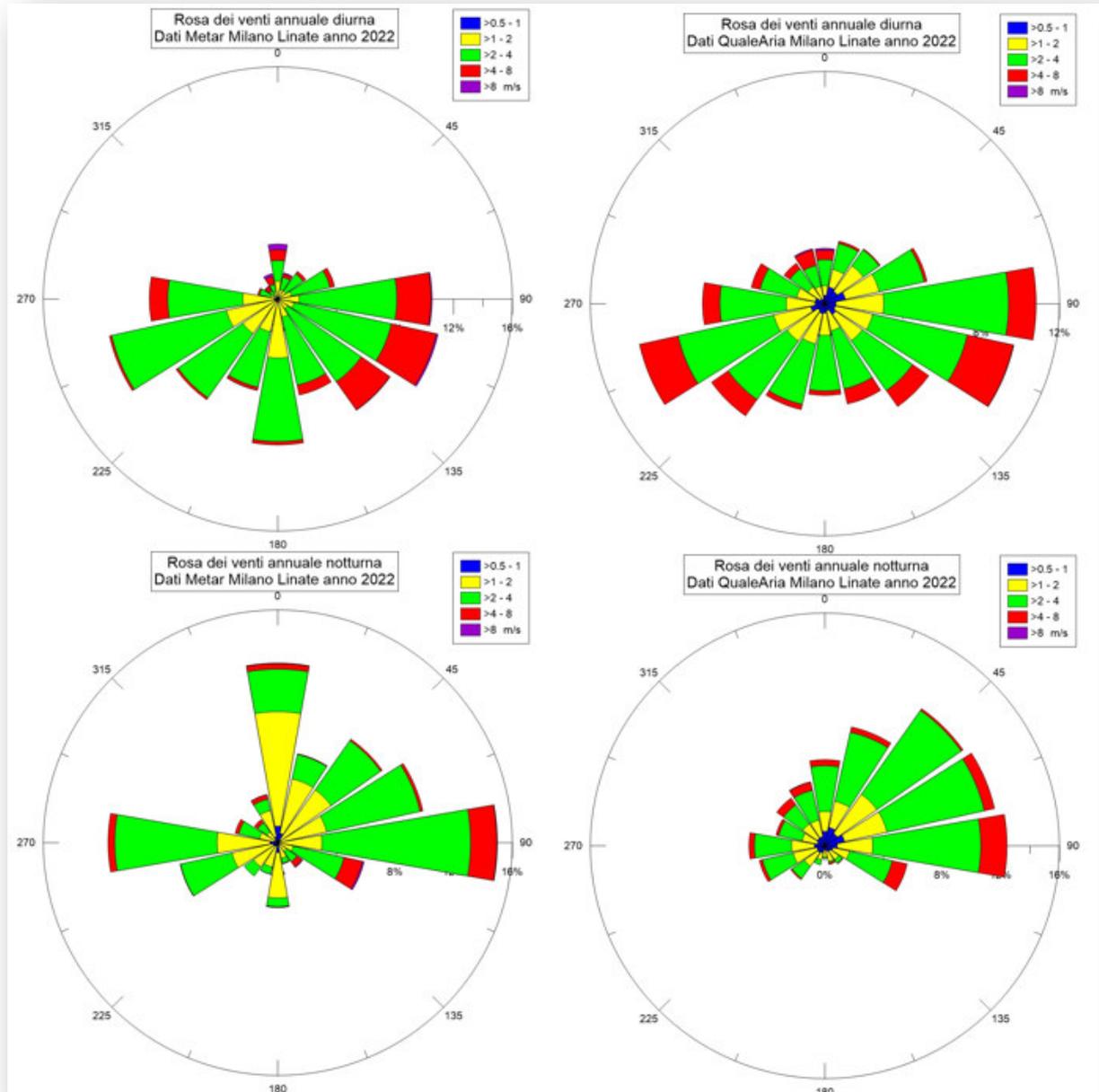


La *Figura 4.2.5-8* e la *Figura 4.2.5-9* mostrano i confronti tra le rose dei venti annuali diurne e notturne, ottenute a partire dai dati misurati e quelle ottenute dal campo meteorologico simulato. Esse mostrano un andamento delle direzioni principali di provenienza del vento da Est e da Ovest, tipico della bassa Pianura Padana. Il confronto non mostra differenze staticamente significative tra i dati osservati e le variabili meteorologiche analizzate. Non si evidenziano significative variabilità tra le rose dei venti diurne e notturne, sebbene durante le ore notturne si registrino generalmente venti più deboli. Le simulazioni mantengono sostanzialmente lo stesso carattere delle misure e la stessa considerazione può essere tratta a partire dal confronto con la rosa dei venti calcolata nel sito del Data Center riportata in *Figura 4.2.5-10*, effettuato in questo caso per l'anno 2021.

**Figura 4.2.5-8** *Confronto tra rose dei venti annuali, notturne e diurne, ottenute a partire dai dati misurati nella stazione di Landriano e i dati simulati (RAMS) prima della discesa di scala.*



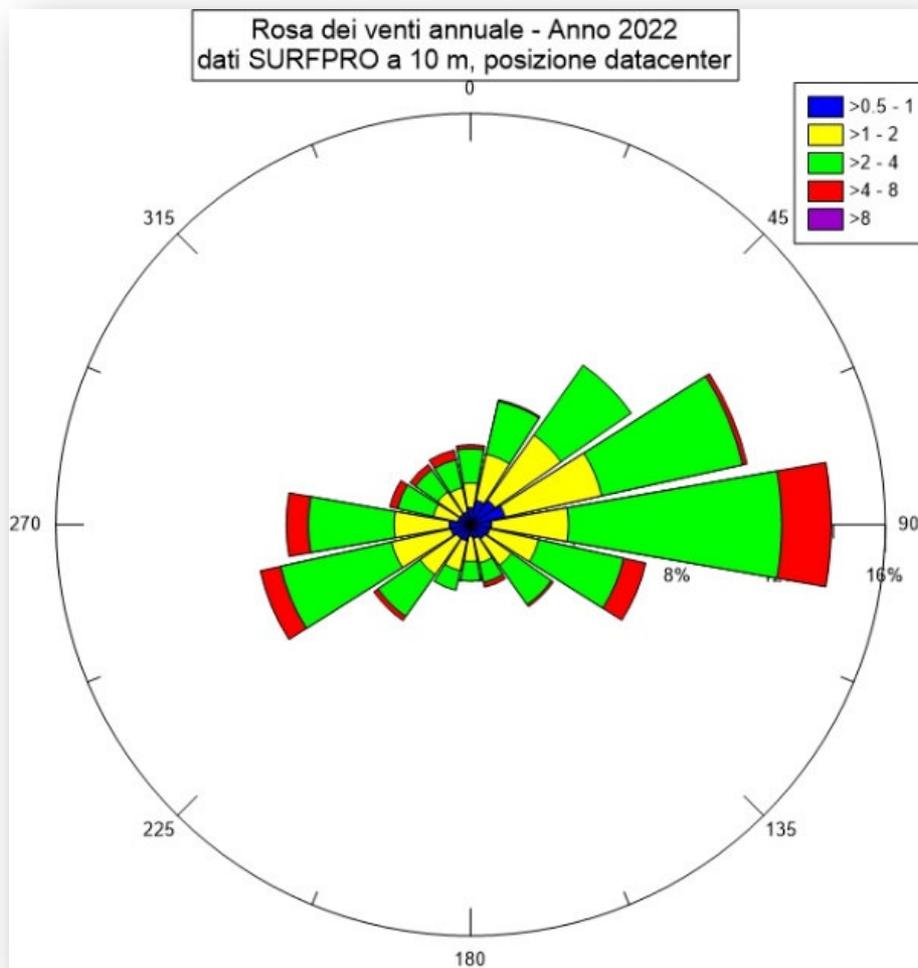
**Figura 4.2.5-9** *Confronto tra rose dei venti annuali, notturne e diurne, ottenute a partire dai dati misurati nella stazione di Linate e i dati simulati (RAMS) prima della discesa di scala.*



Complessivamente, le simulazioni meteorologiche effettuate sono rappresentative sia delle caratteristiche anemologiche tipiche della bassa Pianura Padana che di quelle identificate dai dati misurati dagli anemometri locali. Essendo conservati dalla simulazione gli aspetti principali del flusso su base statistica si è deciso di utilizzare direttamente i dati di quest'ultima come input meteorologico principale per la simulazione di dispersione. Essendo state ottenute da una discesa di scala a partire dalla stessa simulazione modellistica, possiedono campi coerenti al suolo ed in quota, in quanto derivati dalla fisica dello stesso modello meteorologico.

In presenza di sorgenti emmissive caratterizzate da risalita termica come quelle considerate nel presente lavoro, tale scelta risolve eventuali problemi generati dal potenziale disallineamento presente ora per ora tra le misure al suolo e i dati simulati in quota.

**Figura 4.2.5-10 Rosa dei venti annuale, ottenuta a partire dai dati simulati (SurfPro) dopo la discesa di scala.**



#### 4.2.6 SCENARI EMISSIVI

Il potenziale impatto sulla qualità dell'aria è connesso alle emissioni in rilasciate in atmosfera che nel caso del Data Center in progetto sono limitate a quelle generate dai gruppi elettrogeni di emergenza.

Per valutare la ricaduta atmosferica degli inquinanti, sono state considerate le emissioni prodotte da 44 generatori dei gruppi elettrogeni di emergenza, il cui funzionamento è previsto nel caso in cui si verifichi un evento accidentale che comporti l'interruzione della fornitura elettrica principale (realizzata direttamente da Terna). Oltre a tale attività in caso di blackout, i generatori vengono attivati solo per le attività ordinarie di manutenzione.

Nello specifico, presso il Data Center è prevista l'installazione di n.43 gruppi elettrogeni di emergenza in grado di generare ciascuno una potenza elettrica pari a 2.6 MWe e un gruppo elettrogeno in grado di generare una potenza elettrica pari a 0.88 MWe, tutti alimentati a gasolio.

I fumi prodotti dalla combustione del gasolio verranno convogliati in atmosfera tramite apposte canne di emissione. Le canne vengono raggruppate in camini collettivi (cluster stacks) posizionati in modo da minimizzare le concentrazioni degli inquinanti al suolo. Nel progetto di installazione dei generatori del Data Center, è prevista la creazione di 8 camini

indipendenti, ciascuna delle quali ospita 5 o 6 canne di emissione. La *Figura 4.2.6-1* mostra la posizione dei camini rispetto alla struttura del Data Center all'interno del perimetro dell'impianto.

In relazione al combustibile di previsto utilizzo, gli inquinanti di preminente interesse sono rappresentati da:

- NO<sub>x</sub>
- Polveri (PM<sub>10</sub> e 2.5)
- CO
- NH<sub>3</sub>

Come descritto nel paragrafo successivo, l'attivazione dei generatori di emergenza è normalmente limitata a quanto necessario per le periodiche verifiche della loro funzionalità e manutenzione. Dette operazioni, pur considerati tutti i gruppi elettrogeni installati, richiederanno complessivamente un numero di ore di accensione non superiore alle 500 ore anno. In relazione a tale valore, le emissioni generate non sono sottoposte ai limiti normativi ai sensi della DGR Lombardia n. IX/3934. Pur tuttavia è stata comunque prevista l'adozione di un sistema di abbattimento degli ossidi di azoto di tipo SCR.

**Tabella 4.2.6-1 Caratteristiche geografiche dei camini del Data Center**

| Parametro  | Generatori 2.6 MW |            |   | Generatore 0.88 MW |            |   |
|--|-------------------|------------|---|--------------------|------------|---|
|  | 100% carico       | 10% carico | U.M.                                    | 100% carico        | 10% carico | U.M.                                    |
| Consumo gasolio                                      | 567               | 92.5       | kg/h                                    | 184                | 30.0       | kg/h                                    |
| Portata fumi anidri cond.normali @O <sub>2</sub> =5% | 128               | 21         | Nm <sup>3</sup> /min                    | 41                 | 6.8        | Nm <sup>3</sup> /min                    |
| Temperatura fumi al camino                           | 480               | 480        | °C                                      | 480                | 480        | °C                                      |
| Diametro camino allo sbocco                          | 0.8               |            | m                                       | 0.8                |            | m                                       |
| Velocità fumi allo sbocco                            | 19.5              | 3.2        | m/s                                     | 6.3                | 1.0        | m/s                                     |
| Altezza camino                                       | 17                |            | m                                       | 17                 |            | m                                       |
| <b>Emissioni Inquinanti</b>                          |                   |            |   |                    |            |   |
| <b>Concentrazione nei fumi</b>                       |                   |            |   |                    |            |   |
| NO <sub>x</sub> (come NO <sub>2</sub> )              | 100               |            | mg/Nm <sup>3</sup><br>@5%O <sub>2</sub> | 100                |            | mg/Nm <sup>3</sup><br>@5%O <sub>2</sub> |
| CO   | 416.2             |            | mg/Nm <sup>3</sup><br>@5%O <sub>2</sub> | 416.2              |            | mg/Nm <sup>3</sup><br>@5%O <sub>2</sub> |
| PM   | 36.2              |            | mg/Nm <sup>3</sup><br>@5%O <sub>2</sub> | 36.2               |            | mg/Nm <sup>3</sup><br>@5%O <sub>2</sub> |
| NH <sub>3</sub>                                      | 40                |            | mg/Nm <sup>3</sup><br>@5%O <sub>2</sub> | 40                 |            | mg/Nm <sup>3</sup><br>@5%O <sub>2</sub> |
| <b>Flusso di massa</b>                               |                   |            |   |                    |            |   |
| NO <sub>x</sub> (come NO <sub>2</sub> )              | 0.23              | 0.04       | g/s                                     | 0.08               | 0.012      | g/s                                     |
| CO   | 0.97              | 0.16       | g/s                                     | 0.32               | 0.051      | g/s                                     |
| PM   | 0.08              | 0.01       | g/s                                     | 0.03               | 0.004      | g/s                                     |
| NH <sub>3</sub>                                      | 0.09              | 0.02       | g/s                                     | 0.03               | 0.005      | g/s                                     |

La *Tabella 4.2.6-2* riassume le caratteristiche geografiche dei camini, mentre la *Tabella 4.2.6-3*, sintetizza le caratteristiche emissive della singola canna (sezione, velocità di uscita e temperatura di uscita dei fumi).

**Figura 4.2.6-1 Localizzazione dei camini (in blu) e perimetro (in rosso) del sito del Data Center**



**Tabella 4.2.6-2 Caratteristiche geografiche dei camini del Data Center**

| Camino | X UTM32N (m) | Y UTM32N (m) | Altezza (m) |
|--------|--------------|--------------|-------------|
| MXP11b | 524328       | 5022317      | 17          |
| MPP11a | 524314       | 5022341      | 17          |
| MXP13b | 524294       | 5022375      | 17          |
| MXP13a | 524279       | 5022399      | 17          |
| MXP14a | 524071       | 5022262      | 17          |
| MXP14b | 524084       | 5022239      | 17          |
| MXP12a | 524100       | 5022213      | 17          |
| MXP12b | 524114       | 5022190      | 17          |

**Tabella 4.2.6-3 Caratteristiche emissive di ogni canna**

| Diametro (m) | Velocità (m/s) | Temperatura (°C) |
|--------------|----------------|------------------|
| 0.8          | 19.55          | 480              |

Lo scopo del presente studio è quindi quello di valutare il potenziale impatto sulla qualità dell'aria (in termini di variazione dei livelli di concentrazione degli inquinanti) in conseguenza della dispersione degli inquinanti emessi dai generatori dei gruppi elettrogeni, sia durante l'attività di manutenzione ordinaria, sia in caso di blackout.

#### 4.2.6.1 SCENARIO DI MANUTENZIONE

Vengono considerati 3 possibili scenari di manutenzione

1. **M1: No Load testing:** massimo n. 15 minuti per ogni generatore con cadenza mensile. A titolo cautelativo il carico del generatore è posto pari al 10%. Funzionamento annuo per generatore pari o inferiore a n. 3 ore in totale.
2. **M2: Maintenance load bank testing:** massimo di n. 4,25 ore con cadenza annuale per ogni generatore. A titolo cautelativo il carico del generatore è posto pari al 100% in tutte le fasi di test.
3. **M3: Building Transfer:** accensione di n. 6 generatori simultaneamente per n. 2,5 ore con cadenza annuale. A titolo cautelativo il carico del generatore è posto pari al 100%.

L'accensione dei generatori avviene quindi in maniera sequenziale (massimo 6 alla volta) nella fascia oraria 07-19. Stante il quadro indicato, i gruppi elettrogeni nel loro insieme risulteranno attivi per 429 ore/anno.

In relazione alle caratteristiche emissive indicate alla *Tabella 4.2.6-1* ed alle attività di verifica e manutenzione programmate sopra descritte, ne derivano, per i diversi inquinanti indicati, rilasci su base annua valutabili in:

- NOx :                               circa 264 kg/anno
- Polveri (PM10 e 2.5): circa 95 kg/anno
- CO:                                   circa 1097 kg/anno
- NH3:                               circa 105 kg/anno

Nelle Tabelle 4.2.6-4, 4.2.6-5 e 4.2.6-6 sono riportati (rispettivamente per ciascuno dei 3 scenari emissivi il carico e il tempo di attività di ciascun generatore, oltre alle emissioni istantanee (in g/s) per ciascuna specie analizzata (NOx, CO, PM e NH3).

A livello modellistico, si considera per ogni ora un'unica canna attiva per ciascun camino, distribuendo differentemente le emissioni a seconda della statistica da stimare, sempre mantenendo le canne attive nella fascia oraria 07-19.

Per il calcolo delle medie annuali di concentrazione di NOx, PM e NH3 si conserva la massa totale emessa durante l'anno, distribuendo uniformemente l'emissione totale annua di ciascun camino su tutti i giorni. Nella *Tabella 4.2.6-7* sono riportati i fattori emissivi così calcolati per NOx, PM e NH3. In tal modo si consente una rappresentatività statistica delle diverse condizioni meteorologiche presenti su base annua nel determinare i valori di concentrazione medi.

**Tabella 4.2.6-4 Emissioni del Data Center nello scenario di manutenzione M1**

| Camino | Generatore      | carico | ore/anno | NOx (g/s) | CO (g/s) | PM (g/s) | NH3 (g/s) |
|--------|-----------------|--------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| MXP11a | GEN 2.6 MW - 1  | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 2  | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 3  | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 4  | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 5  | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
| MXP11b | GEN 2.6 MW - 6  | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 7  | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 8  | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 9  | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 10 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
| MXP13a | GEN 2.6 MW - 11 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 12 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 13 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 14 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 15 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
| MXP13b | GEN 2.6 MW - 16 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 17 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 18 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 19 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 20 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
| MXP12a | GEN 2.6 MW - 21 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 22 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 23 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 24 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 25 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
| MXP12b | GEN 2.6 MW - 26 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 27 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 28 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 29 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 30 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
| MXP14a | GEN 2.6 MW - 31 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 32 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 33 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 34 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 35 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
| MXP14b | GEN 2.6 MW - 36 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 37 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 38 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 39 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 40 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
| MXP14b | GEN 2.6 MW - 41 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 2.6 MW - 42 | 10%    | 3        | 0.038     | 0.158    | 0.014    | 0.015     |
|        | GEN 0.88 MW - 1 | 10%    | 3        | 0.012     | 0.051    | 0.004    | 0.005     |

**Tabella 4.2.6-5 Emissioni del Data Center nello scenario di manutenzione M2**

| Camino | Generatore      | carico | ore/anno | NOx (g/s) | CO (g/s) | PM (g/s) | NH3 (g/s) |
|--------|-----------------|--------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| MXP11a | GEN 2.6 MW - 1  | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 2  | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 3  | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 4  | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 5  | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP11b | GEN 2.6 MW - 6  | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 7  | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 8  | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 9  | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 10 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP13a | GEN 2.6 MW - 11 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 12 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 13 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 14 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 15 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP13b | GEN 2.6 MW - 16 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 17 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 18 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 19 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 20 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP12a | GEN 2.6 MW - 21 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 22 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 23 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 24 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 25 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP12b | GEN 2.6 MW - 26 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 27 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 28 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 29 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 30 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP14a | GEN 2.6 MW - 31 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 32 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 33 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 34 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 35 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP14b | GEN 2.6 MW - 36 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 37 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 38 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 39 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 40 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP14b | GEN 2.6 MW - 41 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 42 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 43 | 100%   | 4.25     | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 0.88 MW - 1 | 100%   | 4.25     | 0.076     | 0.315    | 0.027    | 0.030     |

**Tabella 4.2.6-6 Emissioni del Data Center nello scenario di manutenzione M3**

| Camino | Generatore      | carico | ore/anno | NOx (g/s) | CO (g/s) | PM (g/s) | NH3 (g/s) |
|--------|-----------------|--------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| MXP11a | GEN 2.6 MW - 1  | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 2  | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 3  | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 4  | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 5  | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP11b | GEN 2.6 MW - 6  | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 7  | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 8  | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 9  | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 10 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP13a | GEN 2.6 MW - 11 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 12 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 13 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 14 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 15 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP13b | GEN 2.6 MW - 16 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 17 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 18 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 19 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 20 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP12a | GEN 2.6 MW - 21 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 22 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 23 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 24 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 25 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP12b | GEN 2.6 MW - 26 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 27 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 28 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 29 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 30 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP14a | GEN 2.6 MW - 31 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 32 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 33 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 34 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 35 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP14b | GEN 2.6 MW - 36 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 37 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 38 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 39 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 40 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
| MXP14b | GEN 2.6 MW - 41 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 42 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 2.6 MW - 43 | 100%   | 2.5      | 0.233     | 0.971    | 0.084    | 0.093     |
|        | GEN 0.88 MW - 1 | 100%   | 2.5      | 0.076     | 0.315    | 0.027    | 0.030     |

**Tabella 4.2.6-7 Emissioni istantanee di ciascun camino per il calcolo delle medie annuali**

| Camino | NOx (g/s) | PM (g/s) | NH3 (g/s) |
|--------|-----------|----------|-----------|
| MXP11a | 0.00193   | 0.00070  | 0.00077   |
| MXP11b | 0.00231   | 0.00084  | 0.00093   |
| MXP13a | 0.00193   | 0.00070  | 0.00077   |
| MXP13b | 0.00231   | 0.00084  | 0.00093   |
| MXP12a | 0.00193   | 0.00070  | 0.00077   |
| MXP12b | 0.00231   | 0.00084  | 0.00093   |
| MXP14a | 0.00193   | 0.00070  | 0.00077   |
| MXP14b | 0.00205   | 0.00074  | 0.00082   |

Gli indicatori statistici relativi ai valori estremi considerati sono:

- 99.8 percentile della media oraria di NOx
- 90.4 percentile della media giornaliera di PM
- Massimo della media mobile su 8 ore del CO

Per tali indicatori, si considera cautelativamente la situazione peggiore dal punto di vista emissivo, quella in cui 6 generatori restano accesi contemporaneamente (scenario di manutenzione M3). Si distribuiscono quindi le emissioni istantanee dei 6 generatori sugli 8 camini, mantenendoli attivi tutto l'anno (sempre nella fascia 07-19). In questo modo si tiene in considerazione la variabilità dovuta alle diverse condizioni meteorologiche durante l'anno: in altre parole si vanno ad individuare, per ogni nodo della griglia di calcolo, i valori di concentrazione che si determinerebbero nel caso in cui le accensioni avvenissero per tutti nelle condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione.

Inoltre, per il calcolo del 90.4 percentile sulle medie giornaliere di concentrazione di PM, si moltiplica il fattore emissivo di ciascun camino per il tempo massimo di attività giornaliera (2.5 ore) diviso per le 12 ore di attività giornaliera. Analogamente, per il massimo della media mobile su 8 ore di CO, si divide il fattore emissivo per 8 ore, moltiplicandolo per il tempo massimo di attività giornaliera (2.5 ore).

Le emissioni istantanee così calcolate per le simulazioni degli indicatori statistici estremali sono riportate in *Tabella 4.2.6-8*.

**Tabella 4.2.6-8 Emissioni istantanee di ciascun camino per il calcolo degli indicatori statistici estremali**

| Camino | NOx per 99.8 percentile orario (g/s) | PM per 90.4 percentile giornaliero (g/s) | O3 per media mobile su 8 ore (g/s) |
|--------|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| MXP11a | 0.17506                              | 0.01320                                  | 0.22769                            |
| MXP11b | 0.17506                              | 0.01320                                  | 0.22769                            |
| MXP13a | 0.17506                              | 0.01320                                  | 0.22769                            |
| MXP13b | 0.17506                              | 0.01320                                  | 0.22769                            |
| MXP12a | 0.17506                              | 0.01320                                  | 0.22769                            |
| MXP12b | 0.17506                              | 0.01320                                  | 0.22769                            |
| MXP14a | 0.17506                              | 0.01320                                  | 0.22769                            |
| MXP14b | 0.00205                              | 0.00074                                  | 0.00082                            |

#### 4.2.6.2 SCENARIO DI BLACKOUT

In riferimento alla durata dello scenario emergenziale, si considera il caso peggiore avvenuto in Italia, in cui nell'anno 2003 il blackout è durato fino ad un massimo di 16 ore in alcune regioni.

Durante l'emergenza, restano attivi mediamente 4 o 5 generatori per ogni camino. Considerando che rispetto alla risoluzione del dominio di calcolo la posizione delle diverse canne all'interno di un camino non è distinguibile, per simulare cautelativamente la situazione di blackout, vengono considerati camini con una sezione effettiva pari a quella di 4 canne ed un fattore emissivo per ogni specie pari a quella di 4.5 canne.

I camini vengono attivati costantemente per tutto l'anno, compreso il periodo notturno, e viene calcolato il massimo della media mobile su 16 ore per ciascuna specie emessa. In questo modo è possibile considerare la situazione peggiore in tutte le condizioni meteorologiche possibili. In altre parole, la simulazione con approccio molto cautelativo, va a determinare il valore di concentrazione medio sulle 16 ore dell'evento di indisponibilità dell'energia elettrica da parte della rete nazionale assunto, selezionando la sequenza delle condizioni meteorologiche più sfavorevoli per ciascun nodo della maglia di calcolo. Si tratta come detto di assunzione cautelativa ed ovviamente non possibile contestualmente per i diversi punti di calcolo: nel caso la sequenza meteo più sfavorevole per un punto di calcolo/ricettore posto, ad esempio, a sud del Data Center, non può manifestarsi contemporaneamente alla sequenza meteo più sfavorevole per un punto di calcolo/ricettore posto in altra posizione.

Le emissioni istantanee così calcolate sono riportate in *Tabella 4.2.6-9*.

**Tabella 4.2.6-9 Emissioni istantanee di ciascun camino per lo scenario di blackout**

| Camino | NOx   | PM    | NH3   | CO    |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| MXP11a | 1.050 | 0.380 | 0.420 | 4.372 |
| MXP11b | 1.050 | 0.380 | 0.420 | 4.372 |
| MXP13a | 1.050 | 0.380 | 0.420 | 4.372 |
| MXP13b | 1.050 | 0.380 | 0.420 | 4.372 |
| MXP12a | 1.050 | 0.380 | 0.420 | 4.372 |
| MXP12b | 1.050 | 0.380 | 0.420 | 4.372 |
| MXP14a | 0.934 | 0.338 | 0.373 | 3.886 |
| MXP14b | 1.009 | 0.365 | 0.404 | 4.201 |

#### 4.2.6.3 SCENARIO DI CANTIERE

Le emissioni generate dalle attività di cantiere per il completamento del Data Center MXP1 sono da riferire principalmente agli scavi per la realizzazione delle fondazioni ed i relativi movimenti terra.

Detta attività è già stata completata per gli edifici MXP11 e MXP13, deve essere viceversa ancora effettuata con riferimento agli edifici MXP12 e MXP14 del Data Center.

I volumi di scavo previsti per i due edifici la cui realizzazione deve essere ancora avviata sono valutati pari a circa 24000 m<sup>3</sup> in banco. Con l'esclusione dello scotico che verrà

accantonato in vista degli interventi finali di sistemazione a verde dell'area di intervento, si assume cautelativamente che le terre di scavo, conferite ad impianto di recupero esterno<sup>1</sup>.

La durata dell'attività è stimata complessivamente pari a circa 100 giornate lavorative, da cui ne discende, trascurando i volumi riutilizzati in loco, uno scavo cautelativamente pari a circa 240 m<sup>3</sup>/giorno (ovvero 300 m<sup>3</sup>/giorno volume trasportato per tenere conto rigonfiamento).

Considerata una capacità media di 15 m<sup>3</sup> di ciascun autocarro l'attività relativa risulta pari a 20 viaggi/giorno per il conferimento ad impianto di recupero (attività distribuita su 8 ore lavorative per un passaggio simultaneo medio di n. 2,5 autocarri/ora).

All'interno del perimetro del cantiere la pista non pavimentata seguita dagli autocarri è lunga 760 m e percorsa ad una velocità massima di 10 km/h, mentre il percorso pavimentato per raggiungere gli impianti di recupero esterni al cantiere si estende fino ai confini del dominio considerato (15 km solo andata).

Sono previsti come mezzi di cantiere che operano all'interno del sedime 1 escavatore cingolato Cat 330 e 1 pala gommata tipo Komatsu 380 per il caricamento degli autocarri delle terre nei cumuli, che cautelativamente si considerano operativi in continuo durante le 8 ore di attività previste.

I motori endotermici di tutti questi mezzi on e off road generano emissioni esauste quantificate mediante l'applicazione di fattori di emissione ufficiali a livello nazionale (<https://fettransp.isprambiente.it/#/>) ed internazionale (Road Construction Emission Model versione 9.0.0 - <http://www.airquality.org/>).

**Tabella 4.2.6-10 Emissioni esauste dai mezzi per lo scenario di cantiere**

|  | CO [g/h]      | NOX [g/h]     | SOX [g/h]   | PM10 [g/h]   |
|--|---------------|---------------|-------------|--------------|
| Autocarri all'interno                          | 5.01          | 11.78         | 0.01        | 0.44         |
| Autocarri all'esterno                          | 197.78        | 464.91        | 0.43        | 17.25        |
| Escavatore                                     | 177.87        | 180.84        | 0.80        | 5.84         |
| Pala gommata                                   | 370.91        | 212.48        | 0.55        | 11.34        |
| <b>Emissioni esauste nell'area di cantiere</b> | <b>553.79</b> | <b>405.10</b> | <b>1.36</b> | <b>17.62</b> |
| Emissioni esauste nel dominio                  | 751.57        | 870.01        | 1.79        | 34.87        |

Ad esse si aggiungono le emissioni diffuse di particolato atmosferico legate alla movimentazione di materiale polverulento calcolate in accordo con "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti" ARPAT, che si basano sul manuale U.S. EPA "AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors".

Le attività considerate per l'emissione di polveri sono:

- Scavo
- Formazione e stoccaggio di cumuli
- Erosione del vento dai cumuli
- Caricamento su camion
- Transito su strada sterrata

<sup>1</sup> Ovviamente un utilizzo sul posto delle terre da scavo comporterebbe una minore necessità di viaggi verso area esterna, parzialmente compensati dalle emissioni relative alla sistemazione degli stessi volumi nell'area di intervento.

#### 4.2.6.3.1 Scavo

Per la fase di sbancamento o estrazione del materiale tenuto conto del fatto che il materiale estratto è umido, si considera cautelativamente il fattore di emissione di PM10 associato al SCC 3-05-027-60 "Sand Handling, Transfer, and Storage in Industrial Sand and Gravel", pari a 0.39 g/ton di materiale trattato (considerando la frazione di PM10 pari al 60% delle PTS). Ipotizzando una densità del materiale pari a 1.7 Mg/m<sup>3</sup>, avremo emissioni di PM10 pari a circa **19.89 g/h** considerando la durata delle fasi di scavo pari a circa 100 giorni per giornate lavorative di 8 ore.

#### 4.2.6.3.2 Formazione cumuli

Un'attività suscettibile di produrre l'emissione di polveri è l'operazione di formazione e stoccaggio del materiale in cumuli, disposti temporaneamente con mezzo cingolato durante lo scotico in vista degli interventi finali di sistemazione a verde dell'area di intervento. Il modello proposto nel paragrafo 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles" dell'AP-42 calcola l'emissione di polveri per quantità di materiale accumulato in base al fattore di emissione:

$$EF_i (kg/Mg) = k_i (0.0016) \frac{\left(\frac{u}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

dove *i*: particolato

*k<sub>i</sub>*: coefficiente dipendente dalle dimensioni del particolato

*u*: velocità del vento (m/s)

*M*: contenuto percentuale di umidità (%)

L'espressione è valida entro il dominio di valori per i quali è stata determinata, ovvero per un contenuto di umidità di 0.2-4.8 %. Data la falda affiorante, le terre sono tipicamente molto bagnate per cui si assume che l'umidità sia pari al 4.8%, limite superiore del range di applicazione dell'equazione. Poiché le emissioni dipendono dalle condizioni meteorologiche, esse variano nel tempo e per poter ottenere una valutazione preventiva delle emissioni di una certa attività occorre riferirsi ad uno specifico periodo di tempo, ipotizzando che in esso si verifichino mediamente le condizioni anemologiche tipiche dell'area in cui avviene l'attività. Nelle Linee Guida ARPAT si specifica che ai fini di una stima globale delle emissioni dovute a questo tipo di attività, si possa utilizzare la distribuzione di frequenze della velocità del vento della stazione indicata dalle linee guida stesse e quindi l'espressione per il calcolo può essere semplificata riducendosi a:

$$E_{i,diurno} = k_i \cdot (0.0058) \cdot \frac{1}{M^{1.4}} \qquad E_{i,notturmo} = k_i \cdot (0.0032) \cdot \frac{1}{M^{1.4}}$$

Considerando che l'attività si limita alle ore diurne si considera valida la prima espressione che considerando un valore di  $k_{PM10}=0.35$  restituisce un fattore di emissione pari a 0.019 [g<sub>PM10</sub>/Mg] che moltiplicato per la quantità di materiale trattato (51 t/h) porta ad un'emissione di **11,5 g/h**.

#### 4.2.6.3.3 Erosione del vento dai cumuli

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion") queste emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in

corrispondenza di certe condizioni di vento. La scelta operata nel presente contesto è quella di presentare l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse. In riferimento alla distribuzione di frequenze dei valori della velocità del vento di Empoli-Riottoli il rateo emissivo orario si calcola dall'espressione:

$$E_i (kg / h) = EF_i \cdot a \cdot movh$$

Dove *a*: superficie dell'area movimentata in m<sup>2</sup>

*movh*: numero di movimentazioni/ora

*EF<sub>i</sub>*: fattore di emissione areale dell'*i*-esimo tipo di particolato, distinto per cumuli "alti" o "bassi".

I cumuli nel caso in esame sono definibili quali "bassi" da cui i fattori di emissione areali da considerare risultano:

| cumuli bassi $H/D \leq 0.2$ |                 |
|-----------------------------|-----------------|
|                             | $EF_i (kg/m^2)$ |
| PTS                         | 5.1E-04         |
| PM <sub>10</sub>            | 2.5 E-04        |
| PM <sub>2.5</sub>           | 3.8 E-05        |

Considerando che la superficie dell'area movimentata del cumulo sia cautelativamente pari al fronte di ogni scaricamento (15 mq se si considera che il volume di terra trasportato da ciascun autocarro (15m<sup>3</sup>) si distribuisca su uno strato alto 1 m) e che sulla base della capacità dei mezzi si compiano 2,5 movimentazioni all'ora, si ottiene un'emissione di **9.38 g/h** di PM10.

#### 4.2.6.3.4 Caricamento su camion

La stima dell'emissione di PM10 per le attività di caricamento su camion è descritta nel SCC 3-05-010-37 Truck loading overburden cui è assegnato un fattore di emissione di PM10 pari a 7.5x10<sup>-3</sup> kg/Mg di materiale caricato. Ipotizzando una densità del materiale pari a 1.7 Mg/m<sup>3</sup>, un volume di 30 m<sup>3</sup>/h in banco escavato con un coefficiente di rigonfiamento terreno escavato / terreno in banco pari a 1.25 la quantità di materiale caricato complessivamente è pari a 64 ton/h da cui risulta che per l'attività di caricamento su camion l'emissione complessiva di PM10 pari a **478 g/h**.

#### 4.2.6.3.5 Transito su piste sterrate

Per il calcolo dell'emissione di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si ricorre al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42. Il rateo emissivo orario risulta proporzionale a (i) il volume di traffico e (ii) il contenuto di limo (silt) del suolo, inteso come particolato di diametro inferiore a 75 µm. Il fattore di emissione lineare dell'*i*-esimo tipo di particolato per ciascun mezzo *EF<sub>i</sub>* (kg/km) per il transito su strade non asfaltate all'interno dell'area industriale è calcolato secondo la formula:

$$EF_i (kg/km) = k_i \cdot (s/12)^{a_i} \cdot (W/3)^{b_i}$$

dove *i*: particolato (PTS, PM10, PM2.5)

*s*: contenuto in limo del suolo in percentuale in massa(%)

*W*: peso medio del veicolo (Mg)

L'espressione è valida per un intervallo di valori di limo (silt) compreso tra l'1.8% ed il 25.2%.

**Tabella 4.2.6-11 Coefficienti variabili in funzione della dimensione del particolato**

|                   | $k_i$  | $a_i$ | $b_i$ |
|-------------------|--------|-------|-------|
| PTS               | 1.38   | 0.7   | 0.45  |
| PM <sub>10</sub>  | 0.423  | 0.9   | 0.45  |
| PM <sub>2,5</sub> | 0.0423 | 0.9   | 0.45  |

Nel caso in esame si è considerato un valore di  $s = 7.1\%$  relativo a Sand and gravel processing - Material storage area (Table 13.2.2-1, sezione "Unpaved Roads" AP-42). Come peso si considera che l'autocarro a vuoto abbia un peso di 16 Mg a vuoto e 42 Mg a pieno carico (16+26Mg). Dall'applicazione dell'espressione risulta un fattore di emissione di PM<sub>10</sub> pari a 0.56 kg/km a vuoto e 0.86 kg/km a pieno carico. Considerando che le percorrenze orarie sulla pista sterrata interna al perimetro di cantiere risultano pari a 1,9 km (760 m AR x 2,5 camion/h) l'emissione di PM<sub>10</sub> risulta pari a **532 g/h** quando vuoto e **822 g/h** se pieno.

Si riepiloga la somma delle emissioni di PM<sub>10</sub> afferenti alle attività di produzione di polveri considerate per lo scenario di cantiere:

**Tabella 4.2.6-12 Riepilogo e dettaglio delle emissioni di PM<sub>10</sub> nello scenario di cantiere**

| Descrizione                              | PM <sub>10</sub> [g/h] | contributo |
|--|------------------------|------------|
| Esausto dai motori dei mezzi di cantiere | 17.62                  | 1%         |
| Scavo                                    | 19.89                  | 1%         |
| Formazione cumuli                        | 11.52                  | 1%         |
| Erosione del vento dai cumuli            | 9.38                   | 0.5%       |
| Caricamento                              | 478.13                 | 25%        |
| Transito su sterrato (mezzo vuoto)       | 532.21                 | 71%        |
| Transito su sterrato (mezzo pieno)       | 821.66                 |            |
| <b>TOTALE</b>                            | <b>1890</b>            |            |

Complessivamente si osserva che per le attività svolte nell'area di cantiere è stata stimata una emissione media oraria di circa 1890 g/h. Secondo le linee guida di ARPAT per emissioni inferiori a 493 g/h non è richiesto alcun intervento né valutazione suppletiva mentre oltre 986 g/h si presume la non compatibilità ambientale dell'emissione. È necessario, pertanto, valutare l'effetto di mitigazioni.

Analizzando il dettaglio delle emissioni riportato *Tabella 4.2.6-12*, si osserva che oltre il 70% del totale proviene dalla stima associata al trasporto del materiale sulle piste. In genere, per i fattori di emissione in gioco, questa è una delle attività cui corrispondono le maggiori stime di emissione. È possibile considerare l'effetto delle mitigazioni in termini di bagnatura periodica delle piste perché nel sito in esame, data la falda sub affiorante, le terre sono caratterizzate da elevati valori di umidità. Applicando un valore di efficienza di abbattimento pari al 90% ricavato dalla curva sperimentale di figura 4, paragrafo 1.5.1 delle L.g.ARPAT (Moisture ratio del suolo prossimo a 5) l'emissione associata alla voce "Transito su sterrato" risulta adesso ridotta ad un valore pari a 135 g/h.

L'emissione complessiva di tutte le attività di cantiere risulta quindi pari a **672 g/h**. Per la valutazione degli impatti della fase di cantiere in accordo con il criterio contenuto nelle Linee Guida di ARPAT (Tabella C4 dell'Allegato 2), si deve confrontare l'emissione complessiva di PM<sub>10</sub> generata dall'insieme delle attività di cantiere con dei limiti di soglia in funzione della distanza dalla sorgente e del numero di giorni di emissione, riportati nella *Tabella 4.2.6-13*

I primi recettori sensibili (abitazioni civili) individuati attorno all'area si collocano ad una distanza superiore a 250 m dal baricentro dell'area di scavo in direzione SE e SW.

**Tabella 4.2.6-13 Soglie assolute di emissione di PM10 al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero di giorni di emissione (valori in g/h)**

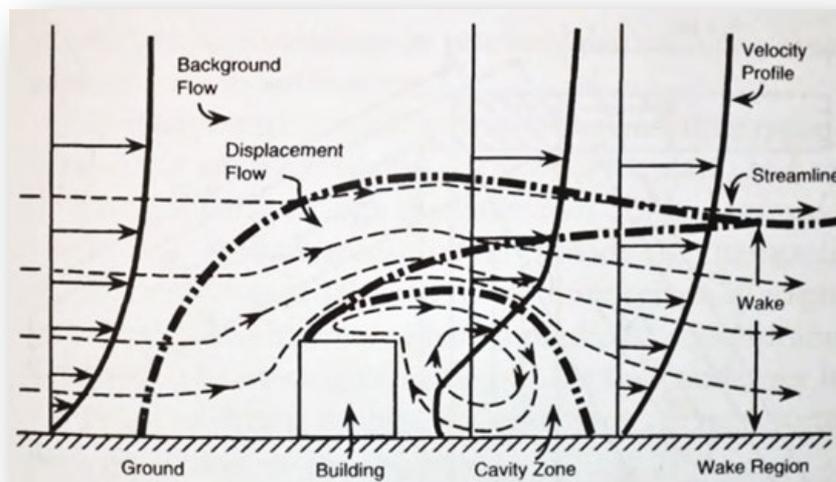
| Intervallo di distanza | Giorni di emissione all'anno |           |           |           |           |      |
|------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
|                        | >300                         | 300 ÷ 250 | 250 ÷ 200 | 200 ÷ 150 | 150 ÷ 100 | <100 |
| 0 ÷ 50                 | 145                          | 152       | 158       | 167       | 180       | 208  |
| 50 ÷ 100               | 312                          | 321       | 347       | 378       | 449       | 628  |
| 100 ÷ 150              | 608                          | 663       | 720       | 836       | 1038      | 1492 |
| >150 <sup>19</sup>     | 830                          | 908       | 986       | 1145      | 1422      | 2044 |

Al riguardo è bene ricordare che le soglie utilizzate sono riferite ad una distanza dal recettore di 150 m, e la loro validità è poi estesa ad ogni distanza superiore a questa, come nel nostro caso. Per concludere, assumendo una durata della fase di cantiere pari a un massimo di n. 100 giorni e considerando che il recettore sensibile individuato più prossimo al confine dell'installazione è posto a maggiore di 250 m dal baricentro dell'area di scavo, il rateo emissivo ottenuto (pari a 672 g/h), risulta inferiore alle soglie assolute definite dalle Linee guida ARPAT.

#### 4.2.6.4 BUILDING DOWNWASH

L'effetto denominato "Building Downwash" si verifica quando la presenza di un edificio nelle vicinanze di una sorgente emissiva determina una distorsione del flusso atmosferico in grado di interessarla in maniera significativa. Una tale modificazione del flusso può avvenire sia sopravvento che sottovento all'edificio, come schematizzato in *Figura 4.2.6-2*.

**Figura 4.2.6-2 Schematizzazione degli effetti di modificazione del flusso atmosferico di un ostacolo isolato (da Liu and Liptak, 1997)**



Sono presenti differenti zone di flusso modificato, all'interno delle quali si possono manifestare celle di ricircolo, come ad esempio sottovento alla sorgente nella cosiddetta

zona di cavità, dove si possono manifestare anche sostanziali aumenti dei livelli di turbolenza. Se un pennacchio emesso in prossimità di un edificio viene “intrappolato” all’interno della zona di cavità (nei casi in cui l’altezza di emissione di una sorgente fredda o la quota di livellamento di una sorgente calda lo consentano), il suo impatto al suolo può aumentare significativamente rispetto a quanto si avrebbe in assenza dell’ostacolo.

Nei codici di dispersione applicati a scala locale, come ad esempio SPRAY o CALPUFF, gli effetti legati al building downwash sono considerati sottogriglia rispetto al potere risolutivo del modello, ovvero non vengono simulati attraverso una descrizione diretta del flusso nel campo atmosferico fornito in input, che dovrebbe tenere conto della complessa struttura degli edifici presenti, ma vengono invece ‘parametrizzate’ attraverso una modificazione dei parametri diffusivi iniziali interessati dal pennacchio emesso. Il codice SPRAY contiene meccanismi di descrizione degli effetti del Building Downwash, ottenuti mediante l’implementazione del modello di Huber e Snyder (Huber e Snyder, 1976, Huber, 1977, Huber e Snyder, 1982) adattato per un modello lagrangiano a particelle, come descritto nella documentazione specifica del codice (Tinarelli et al. 2019).

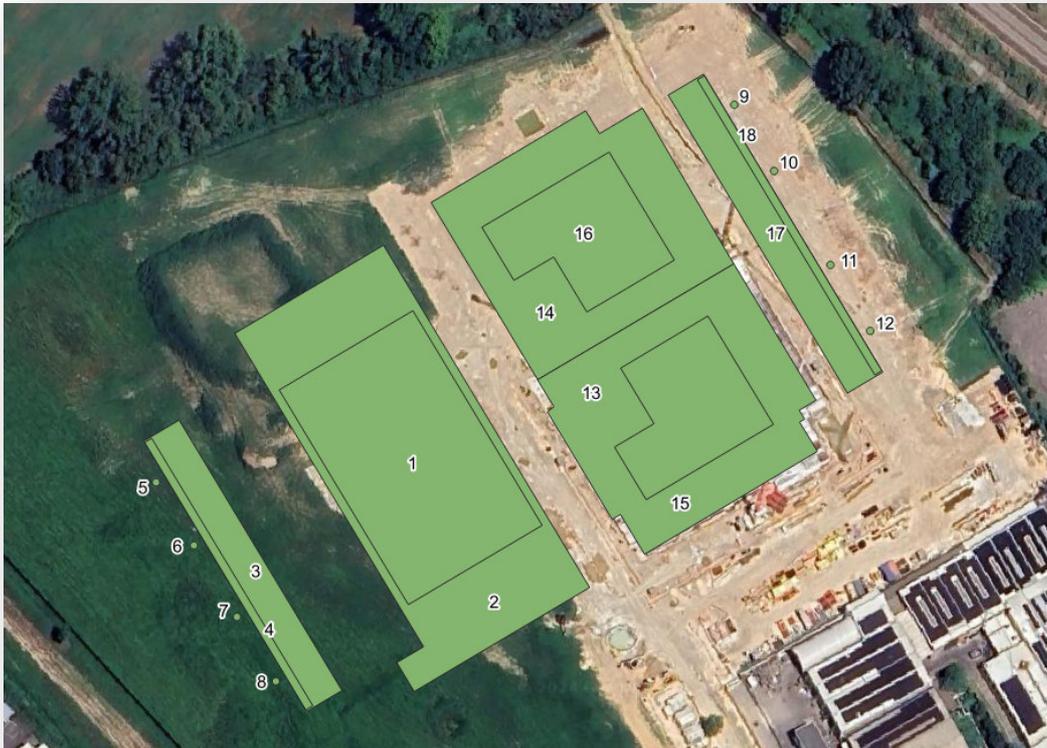
Per attivare correttamente l’opzione, è necessario descrivere al modello, per ognuna delle sorgenti puntuali considerate nel caso specifico, la descrizione degli edifici che vengono visti dal loro baricentro, per ognuna delle direzioni dell’angolo giro. In questo modo, ad ogni sorgente è associata una caratteristica degli ostacoli che influiscono sul cammino dei pennacchi in uscita, per qualsiasi direzione essi prendano. Un metodo consolidato per realizzare questa descrizione, compatibile con gli input del modello SPRAY, è quello di utilizzare un preprocessore sviluppato da US-EPA e denominato BPIP (Building Profile Input Program) per introdurre i principi riportati nel Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height -Technical Support Document For the Stack Height Regulations- (EPA, Giugno 1995) per la valutazione del Building Downwash.

La *Figura 4.2.6-3* mostra la schematizzazione degli edifici digitalizzati, e la *Tabella 4.2.6-14* le relative altezze. La *Figura 4.2.6-4* mostra una rappresentazione tridimensionale degli edifici digitalizzati ed utilizzati in input al codice BPIP.

**Tabella 4.2.6-14 Altezze degli elementi edificati digitalizzati per il codice BPIP**

| Elemento/Edificio | Altezza (m) | Edificio | Altezza (m) |
|-------------------|-------------|----------|-------------|
| 1                 | 14          | 10       | 17          |
| 2                 | 19          | 11       | 17          |
| 3                 | 4           | 12       | 17          |
| 4                 | 11          | 13       | 14          |
| 5                 | 17          | 14       | 14          |
| 6                 | 17          | 15       | 19          |
| 7                 | 17          | 16       | 19          |
| 8                 | 17          | 17       | 5           |
| 9                 | 17          | 18       | 12          |

**Figura 4.2.6-3** *Rappresentazione in pianta degli elementi/edifici schematizzati per il codice BPIP*



**Figura 4.2.6-4** *Rappresentazione 3D degli elementi/edifici per il codice BPIP*



## 4.2.7 SIMULAZIONE DELLA DISPERSIONE DI INQUINANTI

I dati territoriali, meteorologici ed emissivi descritti ai capitoli precedenti costituiscono l'input per il modello di dispersione SPRAY. Nei paragrafi seguenti viene fornita sia una descrizione generale delle modalità di utilizzo del modello. I risultati vengono presentati nell'allegato cartografico al presente capitolo sotto forma di mappe sul territorio della concentrazione al suolo di vari inquinanti. Quando possibile, i valori di concentrazione vengono riferiti agli indicatori calcolati secondo la *Tabella 4.2.2-1* (par. 4.2.2), in riferimento al D.Lgs. 155/2010.

### 4.2.7.1 CONFIGURAZIONE DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE DI DISPERSIONE

Per pilotare una simulazione di dispersione SPRAY utilizza:

- schemi di equazioni differenziali stocastiche dovute a Thomson (1987) per definire le velocità turbolente delle particelle computazionali;
- campi tridimensionali di vento e temperatura a 100 m di risoluzione, forniti da Swift;
- campi bidimensionali di turbolenza  $z_0$ ,  $H_{mix}$ ,  $u^*$ ,  $L$ ,  $w^*$  forniti da SurfPro;
- dati di emissione, costituiti da una sequenza di informazioni sulla loro geometria e localizzazione spaziale, sui flussi di massa variabili nel tempo di sostanze gassose e particolato espresse in  $\mu\text{g}/\text{h}$  emesse e sul quantitativo di particelle computazionali da emettere nell'unità di tempo. Ad ogni particella viene attribuita una quantità di sostanza dipendente dal flusso emissivo considerato, ottenuto come prodotto della portata e concentrazione all'emissione di ogni sorgente.

Per completare la simulazione su base annua, i modelli vengono richiamati in cascata con frequenza oraria. All'interno di ogni ora vengono inserite nel dominio di calcolo per ogni sorgente un numero di particelle sufficienti per garantire una risoluzione minima (contributo in concentrazione di una singola particella computazionale) di circa  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la specie  $\text{NO}_x$ , nelle celle per il calcolo della concentrazione al suolo, delle dimensioni di  $200 \times 200 \times 10 \text{ m}^3$ . In questo modo, concentrazioni orarie intorno a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di  $\text{NO}_x$  vengono risolte da circa 2000 particelle per cella di concentrazione, che costituiscono un numero più che sufficiente per considerare statisticamente stabile la simulazione.

Sono state calcolate matrici di concentrazione orarie espresse in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ogni media oraria di concentrazione è costruita mediante 120 campionamenti dei pennacchi di particelle all'interno dell'ora, effettuati alla frequenza fissa di 30 secondi.

Lo stato finale di ogni ora (posizioni, velocità e masse associate ad ogni particella) viene utilizzato per inizializzare il *run* dell'ora successiva. In questo modo la simulazione risulta essere continua durante tutto il periodo annuale descrivendo l'evoluzione spazio-temporale di ogni pennacchio emesso, consentendo eventuali effetti di ritorno dei pennacchi in presenza di rotazioni del vento durante situazioni di innesco della brezza. Complessivamente vengono quindi prodotti 8760 campi di concentrazione e di flusso di deposizione suddivisi secondo quanto descritto in precedenza, nell'intervallo meteorologico a partire dal 1/1/2022 01:00 fino al 31/12/2022 24:00.

La sequenza temporale dei campi di concentrazione così ottenuta è stata utilizzata per calcolare i valori statistici relativi alle concentrazioni in aria per le diverse specie considerate. Le concentrazioni sono state considerate nei punti al di fuori del perimetro dell'impianto.

Nella Tabella 4.2.7 1 sono riportati gli indicatori statistici utilizzati per il confronto con i limiti normativi di riferimento indicati in Tabella 4.2.2 1 negli scenari emissivi considerati.

**Tabella 4.2.7-1 Indicatori statistici considerati per il confronto con i limiti normativi di riferimento per le varie specie negli scenari emissivi considerati**

| Parametro | Scenario     | Indicatore statistico calcolato         |
|-----------|--------------|---|
| NOx       | Manutenzione | Media annuale                           |
|           | Manutenzione | 99.8 percentile della media oraria      |
|           | Blackout     | Massimo della media mobile su 16 ore    |
| PM        | Manutenzione | Media annuale                           |
|           | Manutenzione | 90.4 percentile della media giornaliera |
|           | Blackout     | Massimo della media mobile su 16 ore    |
| CO        | Manutenzione | Massimo della media mobile su 8 ore     |
|           | Blackout     | Massimo della media mobile su 16 ore    |
| NH3       | Manutenzione | Media annuale                           |
|           | Blackout     | Massimo della media mobile su 16 ore    |

Per quanto riguarda l'NOx, l'indicatore statistico del 99.8 percentile rappresenta il 18° valore più elevato della distribuzione annuale delle concentrazioni medie orarie di ottenute dal modello; valori superiori a 200 µg/m<sup>3</sup> indicano la presenza di un numero di superamenti del limite maggiore di quanto specificato dalla legge ed indicati in *Tabella 4.2.2-1*.

Per quanto riguarda le polveri, occorre ricordare che le emissioni considerate nelle simulazioni riguardano le Polveri Totali Sospese, non essendo disponibile il dettaglio della distribuzione granulometrica. Viene quindi considerata, in maniera cautelativa, l'assunzione per cui le polveri emesse siano tutte comprese sia nella frazione PM10 che in quella più fine PM2.5. Ciò significa che gli indicatori che riguardano le polveri, calcolati sulla base dei risultati delle simulazioni per le Polveri Totali, vengono confrontati con i limiti di legge per che riguardano sia la frazione PM10 che quella PM2.5. L'indicatore statistico del 90.4 percentile rappresenta il 35° valore più elevato della distribuzione delle concentrazioni medie giornaliere ottenute dal modello sull'anno; per cui valori superiori a 50 µg/m<sup>3</sup> indicherebbero la presenza di un numero di superamenti del limite maggiori di quanto specificato dalla legge, indicati in *Tabella 4.2.2-1*.

## 4.2.8 STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA PREVISTO DALLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE

### 4.2.8.1 MAPPE DI CONCENTRAZIONE

Nell'Allegato cartografico al presente capitolo vengono riportate le mappe di iso-concentrazione per gli indicatori relativi alle specie inquinanti prese in considerazione. In ogni grafico l'area interna al perimetro dell'impianto è indicata in bianco e la posizione dei camini è rappresentata da punti neri. Il punto rosso indica la posizione del massimo. Le scale colorate di concentrazione hanno il livello più alto (in rosa/rosso) corrispondente al valore limite previsto dalla normativa per l'indicatore, ove applicabile. Il dominio mostrato è inferiore a quello utilizzato per la simulazione, incentrato sulla zona limitrofa al data center, dove i valori di concentrazione al suolo sono più elevati.

Per entrambi gli scenari simulati, l'impatto al suolo è coerente con la rosa dei venti che caratterizza il sito, l'impatto maggiore infatti si ha in direzione Est-Ovest e risulta essere per ogni specie inquinante caratterizzato da valori di concentrazione del tutto ininfluenti rispetto ai valori limite indicati dal D.Lgs. 155/2010 e allo stato di qualità attuale dell'aria.

#### 4.2.8.2 IMPATTO AL SUOLO MASSIMO

La *Tabella 4.2.8-1* riporta il quadro completo dei risultati relativi ai valori massimi nel dominio di calcolo per tutti gli indicatori statistici e specie inquinanti considerate.

**Tabella 4.2.8-1** *Schema riassuntivo dei valori massimi simulati nei due scenari, con riferimento agli indicatori di legge per gli inquinanti considerati*

| Specie | Indicatore                              | Scenario     | Note  | Unità di misura   | Massimo nel dominio |
|--------|---|--------------|---|-------------------|---------------------|
| NOx    | Media annuale                           | Manutenzione | Assunzione cautelativa: NOx=NO <sub>2</sub> | µg/m <sup>3</sup> | 0.03                |
| NOx    | 99.8 percentile della media oraria      | Manutenzione | Assunzione cautelativa: NOx=NO <sub>2</sub> | µg/m <sup>3</sup> | 29.46               |
| NOx    | Massimo della media mobile su 16 ore    | Blackout     | Assunzione cautelativa: NOx=NO <sub>2</sub> | µg/m <sup>3</sup> | 75.55               |
| PM     | Media annuale                           | Manutenzione | Assunzione cautelativa: Polveri=PM10=PM25   | µg/m <sup>3</sup> | 0.01                |
| PM     | 90.4 percentile della media giornaliera | Manutenzione | Assunzione cautelativa: Polveri=PM10=PM25   | µg/m <sup>3</sup> | 0.32                |
| PM     | Massimo della media mobile su 16 ore    | Blackout     | Assunzione cautelativa: Polveri=PM10=PM25   | µg/m <sup>3</sup> | 27.35               |
| CO     | Massimo della media mobile su 8 ore     | Manutenzione |   | mg/m <sup>3</sup> | 0.02                |
| CO     | Massimo della media mobile su 16 ore    | Blackout     |   | mg/m <sup>3</sup> | 0.31                |
| NH3    | Media annuale                           | Manutenzione |   | µg/m <sup>3</sup> | 0.01                |
| NH3    | Massimo della media mobile su 16 ore    | Blackout     |   | µg/m <sup>3</sup> | 30.22               |

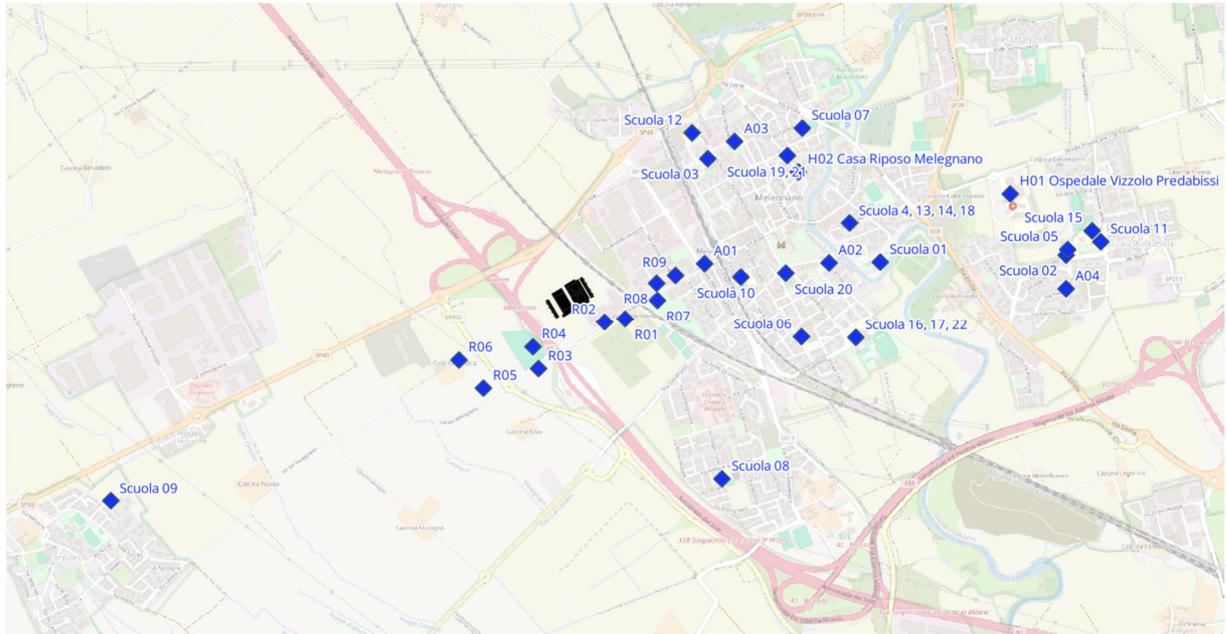
Non solo i massimi degli indicatori medi annui e gli indicatori statistici estremali nello scenario manutentivo risultano per tutti gli inquinanti ampiamente al di sotto dei limiti di legge e tali da risultare del tutto ininfluenti rispetto allo stato di qualità attuale, ma anche lo scenario di blackout non risulta affetto da alcuna criticità.

#### 4.2.8.3 ESTRAZIONI DELLE STATISTICHE SUI RECETTORI

È opportuno notare che la dispersione degli inquinanti risulta essere di bassa entità, pertanto i massimi delle concentrazioni si trovano molto vicino al sito del Data Center. Allontanandosi dalle sorgenti, le concentrazioni decrescono repentinamente, risultando ancor più trascurabili nei punti sensibili del dominio (recettori).

In *Figura 4.2.8-1* viene mostrata la posizione dei recettori sensibili in cui è stato estratto il valore degli indicatori statistici di concentrazione, mentre in *Tabella 4.2.8-2* sono riportate le coordinate degli stessi.

**Figura 4.2.8-1 Ubicazione dei recettori sensibili**



**Tabella 4.2.8-2 Posizione dei recettori nel dominio di calcolo.**

| Recettore | Descrizione  | X UTM32N (m) | Y UTM32N (m) |
|-----------|--|--------------|--------------|
| A01       | Asilo Nido Pappa e Nanna                               | 5249570      | 50224886     |
| A02       | Asilo Nido Piccole Birbe                               | 5256593      | 50224933     |
| A03       | Asilo Nido La Giostra                                  | 5251276      | 50231772     |
| A04       | Asilo Nido L'isola dei Tesori                          | 5269897      | 50223471     |
| H01       | Ospedale Vizzolo Predabissi                            | 5266782      | 50228819     |
| H02       | Casa di Riposo Fondazione Castellini                   | 5254845      | 50230057     |
| R01       | Ricettore residenziale Via per Carpiano, 41 Melegnano  | 5245103      | 50221733     |
| R02       | Ricettore residenziale Via per Carpiano, 30 Melegnano  | 5243957      | 50221556     |
| R03       | Ricettore residenziale Via per Carpiano, 43 Melegnano  | 5240240      | 50218882     |
| R04       | Ricettore residenziale Via per Carpiano, 36 Melegnano  | 5239908      | 50220134     |
| R05       | Ricettore residenziale Cascina Medica, 1 Melegnano     | 5237141      | 50217805     |
| R06       | Ricettore residenziale Via per Carpiano, 42 Melegnano  | 5235785      | 50219387     |
| R07       | Ricettore residenziale Via per Carpiano, 21 Melegnano  | 5246903      | 50222796     |
| R08       | Ricettore residenziale Via Fratelli Cervi, 6 Melegnano | 5246884      | 50223777     |
| R09       | Ricettore residenziale Via per Carpiano, 2 Melegnano   | 5247935      | 50224212     |
| S01       | Istituto Infanzia R. Cesaris                           | 5259474      | 50224948     |
| S02       | Istituto Infanzia Rodari                               | 5269921      | 50225371     |
| S03       | Istituto Infanzia Via Campania                         | 5249779      | 50230819     |
| S04       | Scuola Infanzia F. Piazza                              | 5257716      | 50227154     |
| S05       | Scuola Infanzia Pio XII                                | 5270004      | 50225673     |
| S06       | Scuola Infanzia S. Gaetano della Provvidenza           | 5255019      | 50220699     |
| S07       | Scuola Infanzia Santa Maria del Carmine                | 5255087      | 50232550     |
| S08       | Scuola Materna Pio XII                                 | 5250566      | 50212644     |
| S09       | Scuola Infanzia Bruno Munari                           | 5216175      | 50211391     |
| S10       | Scuola Primaria G. Dezza                               | 5251600      | 50224095     |
| S11       | Scuola Primaria G. Carducci                            | 5271861      | 50226110     |

| Recettore | Descrizione   | X UTM32N (m) | Y UTM32N (m) |
|-----------|---|--------------|--------------|
| S12       | Scuola Primaria Teresa Sarti                              | 5248862      | 50232252     |
| S15       | Scuola Secondaria Gr. E. Curiel                           | 5271364      | 50226741     |
| S16       | Scuola Secondaria I. Calvino                              | 5258101      | 50220664     |
| S19       | Istituto Professionale Piero della Francesca (succursale) | 5254227      | 50230966     |
| S20       | Istituto Tecnico Economico V. Benini                      | 5254126      | 50224316     |

Le estrazioni per lo scenario di manutenzione sono riportate in *Tabella 4.2.8-3* mentre quelle per lo scenario di blackout sono riportate in *Tabella 4.2.8-4*.

**Tabella 4.2.8-3 Estrazioni delle statistiche di concentrazione sui recettori nello scenario di manutenzione. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

| Recettore | Media annuale NOx | 99.8 percentile orario NOx | Media annuale PM | 90.4 percentile giornaliero PM | Media annuale NH3 | Max media mobile su 8 ore CO |
|-----------|-------------------|----------------------------|------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|
| A01       | 0.0027            | 8.4                        | 0.00097          | 0.061                          | 0.00107           | 10.3                         |
| A02       | 0.0019            | 8.0                        | 0.00068          | 0.040                          | 0.00075           | 6.1                          |
| A03       | 0.0014            | 6.3                        | 0.00051          | 0.027                          | 0.00056           | 6.8                          |
| A04       | 0.0009            | 4.7                        | 0.00031          | 0.018                          | 0.00034           | 3.5                          |
| H01       | 0.0011            | 4.8                        | 0.00040          | 0.023                          | 0.00044           | 5.0                          |
| H02       | 0.0014            | 5.0                        | 0.00050          | 0.026                          | 0.00055           | 4.3                          |
| R01       | 0.0026            | 7.3                        | 0.00094          | 0.047                          | 0.00104           | 9.2                          |
| R02       | 0.0034            | 7.7                        | 0.00122          | 0.051                          | 0.00135           | 9.5                          |
| R03       | 0.0010            | 5.2                        | 0.00037          | 0.017                          | 0.00041           | 8.2                          |
| R04       | 0.0019            | 6.8                        | 0.00068          | 0.029                          | 0.00075           | 9.9                          |
| R05       | 0.0010            | 5.2                        | 0.00036          | 0.017                          | 0.00040           | 7.9                          |
| R06       | 0.0013            | 6.6                        | 0.00048          | 0.022                          | 0.00053           | 9.1                          |
| R07       | 0.0028            | 8.3                        | 0.00100          | 0.060                          | 0.00110           | 10.7                         |
| R08       | 0.0030            | 9.4                        | 0.00108          | 0.066                          | 0.00119           | 14.0                         |
| R09       | 0.0029            | 9.1                        | 0.00105          | 0.065                          | 0.00116           | 13.0                         |
| S01       | 0.0016            | 7.6                        | 0.00058          | 0.034                          | 0.00065           | 6.2                          |
| S02       | 0.0009            | 5.0                        | 0.00033          | 0.020                          | 0.00037           | 4.3                          |
| S03       | 0.0015            | 6.4                        | 0.00053          | 0.027                          | 0.00059           | 7.8                          |
| S04       | 0.0017            | 7.1                        | 0.00063          | 0.036                          | 0.00069           | 6.8                          |
| S05       | 0.0010            | 5.2                        | 0.00035          | 0.020                          | 0.00038           | 4.5                          |
| S06       | 0.0014            | 5.8                        | 0.00050          | 0.028                          | 0.00055           | 6.7                          |
| S07       | 0.0012            | 4.8                        | 0.00042          | 0.023                          | 0.00046           | 5.8                          |
| S08       | 0.0006            | 3.5                        | 0.00020          | 0.011                          | 0.00022           | 4.9                          |
| S09       | 0.0006            | 2.9                        | 0.00023          | 0.012                          | 0.00026           | 3.8                          |
| S10       | 0.0025            | 8.3                        | 0.00089          | 0.058                          | 0.00099           | 8.2                          |
| S11       | 0.0009            | 5.2                        | 0.00033          | 0.018                          | 0.00036           | 4.5                          |
| S12       | 0.0013            | 6.4                        | 0.00049          | 0.023                          | 0.00054           | 9.5                          |
| S15       | 0.0009            | 4.9                        | 0.00033          | 0.018                          | 0.00036           | 4.3                          |
| S16       | 0.0013            | 5.7                        | 0.00047          | 0.028                          | 0.00052           | 5.6                          |
| S19       | 0.0013            | 5.0                        | 0.00048          | 0.026                          | 0.00053           | 5.3                          |
| S20       | 0.0022            | 8.2                        | 0.00080          | 0.050                          | 0.00089           | 6.7                          |

**Tabella 4.2.8-4 Estrazioni delle statistiche di concentrazione sui recettori nello scenario di blackout. Valori in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

| Recettore | Max media mobile su<br>16 ore NOx | Max media mobile su<br>16 ore PM | Max media mobile su<br>16 ore NH3 | Max media mobile su<br>16 ore CO |
|-----------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| A01       | 20.3                              | 7.4                              | 8.1                               | 84.6                             |
| A02       | 16.3                              | 5.9                              | 6.5                               | 67.7                             |
| A03       | 11.9                              | 4.3                              | 4.8                               | 49.7                             |
| A04       | 8.4                               | 3.1                              | 3.4                               | 35.1                             |
| H01       | 11.9                              | 4.3                              | 4.8                               | 49.6                             |
| H02       | 7.8                               | 2.8                              | 3.1                               | 32.6                             |
| R01       | 19.7                              | 7.1                              | 7.9                               | 81.9                             |
| R02       | 22.7                              | 8.2                              | 9.1                               | 94.5                             |
| R03       | 9.3                               | 3.4                              | 3.7                               | 38.8                             |
| R04       | 12.1                              | 4.4                              | 4.8                               | 50.4                             |
| R05       | 11.4                              | 4.1                              | 4.6                               | 47.4                             |
| R06       | 10.4                              | 3.8                              | 4.2                               | 43.3                             |
| R07       | 21.9                              | 7.9                              | 8.7                               | 91.0                             |
| R08       | 25.1                              | 9.1                              | 10.0                              | 104.4                            |
| R09       | 22.5                              | 8.1                              | 9.0                               | 93.6                             |
| S01       | 16.3                              | 5.9                              | 6.5                               | 67.9                             |
| S02       | 12.7                              | 4.6                              | 5.1                               | 52.7                             |
| S03       | 13.6                              | 4.9                              | 5.4                               | 56.6                             |
| S04       | 15.5                              | 5.6                              | 6.2                               | 64.6                             |
| S05       | 12.4                              | 4.5                              | 5.0                               | 51.5                             |
| S06       | 11.1                              | 4.0                              | 4.5                               | 46.3                             |
| S07       | 7.8                               | 2.8                              | 3.1                               | 32.5                             |
| S08       | 10.2                              | 3.7                              | 4.1                               | 42.4                             |
| S09       | 9.9                               | 3.6                              | 4.0                               | 41.2                             |
| S10       | 17.7                              | 6.4                              | 7.1                               | 73.8                             |
| S11       | 11.7                              | 4.2                              | 4.7                               | 48.5                             |
| S12       | 14.8                              | 5.3                              | 5.9                               | 61.5                             |
| S15       | 10.6                              | 3.9                              | 4.3                               | 44.3                             |
| S16       | 12.0                              | 4.3                              | 4.8                               | 49.9                             |
| S19       | 7.7                               | 2.8                              | 3.1                               | 32.1                             |
| S20       | 18.0                              | 6.5                              | 7.2                               | 74.8                             |

#### 4.2.9 CONCLUSIONI

È stato realizzato uno studio modellistico per ricostruire l'impatto in atmosfera generato dalle emissioni dei gruppi elettrogeni di emergenza del Data Center. È stato stimato il contributo delle emissioni dell'impianto sui livelli di inquinamento intorno all'impianto su un'area di 20 x 20 km<sup>2</sup>. È stato analizzato il dominio temporale relativo all'intero anno 2022.

Per la ricostruzione della dispersione delle emissioni considerate è stato adottato un modello lagrangiano a particelle, denominato SPRAY, ampiamente utilizzato e particolarmente adatto a descrivere la dispersione atmosferica in questo tipo di situazioni. L'informazione meteorologica necessaria per pilotare queste simulazioni è stata ricostruita mediante l'utilizzo di un modello prognostico alle equazioni primitive RAMS, e un sistema per la

discesa di scala costituito dai modelli SWIFT e SurfPro. Attraverso questo sistema sono stati generati campi tridimensionali meteorologici sull'area in esame alla risoluzione target di 100 m.

Sono stati analizzati i principali inquinanti emessi dall'impianto, ovvero ossidi di azoto, polveri, monossido di carbonio e ammoniaca, confrontandoli con i valori limite previsti dalla normativa e con le concentrazioni di fondo che caratterizzano l'area in esame. Sono stati analizzati due diversi scenari emissivi, uno manutentivo e uno di blackout.

Per entrambi gli scenari, i risultati modellistici mostrano la presenza di un impatto trascurabile dell'impianto in esame, nonostante le numerose ipotesi cautelative assunte.

I pattern di inquinamento al suolo generati dall'impianto risultano essere coerenti con la rosa dei venti che caratterizza la zona estendendosi maggiormente in direzione Est-Ovest. Tutte le statistiche analizzate sono risultate inferiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai limiti di legge. Per quanto riguarda l'impatto *long term* dell'impianto, considerando le indicazioni riportate nell'Allegato 5 del documento emesso da APAT "Gli effetti sull'ambiente dovuti all'esercizio di un'attività industriale: identificazione, quantificazione ed analisi nell'ambito dei procedimenti di autorizzazione integrata ambientale" circa l'identificazione degli effetti non significativi delle emissioni in aria, si può affermare che non sia significativo sia per gli ossidi di azoto che per le polveri, in quanto il valore massimo delle concentrazioni medie annuali al suolo risulta inferiore al 1% del valore di fondo che caratterizza l'area.

Per quanto riguarda invece l'impatto *short term*, analizzato nello scenario manutentivo attraverso i valori delle medie orarie per gli ossidi di azoto, delle medie giornaliere per le polveri, e della media mobile su 8 ore per il monossido di carbonio, si può affermare che l'impianto non comporta nessuna variazione dello stato di qualità attuale, anche nell'ipotesi cautelativa considerata che gli ossidi di azoto totali simulati rappresentino il biossido di azoto normato. Considerazioni analoghe valgono anche per lo scenario di blackout, nonostante la statistica scelta per le valutazioni (massimo della media mobile su 16 ore) selezioni cautelativamente il contributo di concentrazione al suolo più alto nelle diverse condizioni meteorologiche dell'anno.

Le considerazioni sopra esposte valgono con maggiore evidenza per i tutti ricettori sensibili in relazione alla loro distanza rispetto ai punti nei quali si verificano i valori massimi di concentrazione.

#### **4.2.10 APPENDICE**

Per le simulazioni annuali e il calcolo dei valori di concentrazione e deposizione al suolo è stata utilizzata la suite di programmi contenuta nel pacchetto *ARIA Impact 3D*, costituita da Swift per la ricostruzione diagnostica dei campi di vento su terreno complesso, da SurfPro 3.0 per la ricostruzione dei campi di turbolenza e dal modello di dispersione lagrangiano a particelle Spray 3.1. L'insieme dei programmi citati consente infatti di tenere conto in maniera diretta sia dell'orografia che di eventuali disomogeneità del terreno (come ad esempio la presenza di interfaccia terra-mare), simulando condizioni meteo-dispersive che presentano variazioni nelle tre dimensioni e nel tempo.

Nei prossimi paragrafi è contenuta una descrizione generale dei codici e delle loro principali funzionalità, per una descrizione più dettagliata, si rimanda ai manuali specifici citati nel seguito.

#### 4.2.10.1 MODELLO SWIFT

Swift sviluppato da EDF e ARIA Technologies S.A. (Aria Technologies, 2010, Finardi et al. 1998) è un codice “mass-consistent” di tipo diagnostico in grado di ricostruire i campi tridimensionali di vento e temperatura.

Per la ricostruzione del campo di vento, il modello opera essenzialmente in due fasi:

- nella prima effettua l'interpolazione sul dominio di calcolo tridimensionale dei dati di vento forniti in input;
- nella seconda, detta di analisi oggettiva, applica il principio fluidodinamico di conservazione della massa ad ogni cella del dominio e produce un campo di vento definito aggiustato.

La fase di aggiustamento consiste nella soppressione della divergenza presente nel campo interpolato, attraverso la minimizzazione del seguente funzionale:

$$I(u, v, w, \lambda) = \int_V (u - u_0)^2 + (v - v_0)^2 + \alpha(w - w_0)^2 + \lambda \nabla \cdot \underline{u} \, dV$$

con:  $u_0, v_0, w_0$  componenti cartesiane del campo interpolato;

$u, v, w$  componenti cartesiane del campo aggiustato;

$\lambda$  è il moltiplicatore di Lagrange;

$\nabla \cdot \underline{u}$  è la divergenza del vettore vento  $\underline{u} = (u, v, w)$ .

Il parametro  $\alpha$  consente di pesare diversamente l'aggiustamento delle componenti orizzontali e verticali della velocità del vento: con  $\alpha=1$  non c'è differenza nel grado di aggiustamento, mentre valori più piccoli/grandi di  $\alpha$  fanno sì che l'aggiustamento sia operante principalmente sulla componente orizzontale/verticale del campo di vento. Inoltre, poiché da  $\alpha$  dipende la parte di flusso che aggira l'ostacolo orografico in rapporto a quella che lo oltrepassa verticalmente, il suo valore è usato spesso per tenere conto della stabilità atmosferica sul flusso.

La componente verticale del campo di vento ( $w$ ) normalmente non viene considerata durante la fase di interpolazione, in quanto non si dispone di una rete tridimensionale di misura per tale parametro, quindi si considera  $w_0=0$  per ogni cella del dominio e, di fatto,  $w$  viene generata dal modello durante la fase di aggiustamento.

Per costruzione, i modelli di tipo “mass-consistent” hanno la caratteristica di produrre il migliore campo di vento a divergenza nulla che minimizza lo scostamento complessivo dall'iniziale interpolazione grezza delle misure. Per questo motivo, la prima fase di interpolazione delle misure di vento riveste grande importanza nel processo di ricostruzione del campo di vento finale. Inoltre il campo interpolato che si ottiene dipende spesso dalla configurazione spaziale delle postazioni di misura, oltre che dalle quote di misura dei profili verticali.

Swift consente di scegliere tra diversi metodi di interpolazione: propone l'interpolazione di Cressman pesata sull'inverso del quadrato della distanza, che può essere effettuata separatamente per i diversi strati verticali (Cressman 2D) o in maniera tridimensionale (Cressman 3D), e il metodo non isotropo di triangolazione delle misure al suolo associato ad un'interpolazione tridimensionale delle misure in quota (profili verticali). L'interpolazione dei dati di vento viene eseguita indipendentemente per ognuna delle componenti cartesiane del vettore vento. Più esplicitamente, il metodo Cressman 2D consiste dapprima nell'interpolare linearmente sugli strati verticali del reticolo i profili di vento, quindi nel calcolare, per ogni strato, le componenti del vento nei punti di coordinate  $(x,y)$  della maglia, secondo le equazioni:

$$U_i(x, y, k) = \frac{\sum_{n=1}^{NMSUR} [U_i(x_n, y_n) P_n(x, y)]}{\sum_{n=1}^{NMSUR} P_n(x, y)} \quad i = 1, 2$$

con:  $U_1 = u_0$  e  $U_2 = v_0$ , componenti orizzontali del campo interpolato;  
NMSUR, numero di stazioni dello strato:

- per il primo strato sopra il suolo ( $k=2$ ), NMSUR è il numero delle misure al suolo utilizzate;
- per gli strati sovrastanti, NMSUR è pari al numero delle misure interpolate a partire dai profili considerati;
- $P_n(x, y)$  il peso associato alla postazione di misura ed espresso dalla funzione:

$$P_n(x, y) = \frac{1}{r_n^2}$$

dove:

- $r_n = \frac{R_n}{P_h}$  ;
- $R_n = \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2}$ , distanza del punto maglia  $(x, y)$  dalla stazione di coordinate  $(x_n, y_n)$ ;
- $P_h$  il parametro di portata orizzontale, calcolato automaticamente da Swift, in funzione della distanza tra le stazioni e del passo della maglia orizzontale.

Al termine di questa inizializzazione del campo tridimensionale, mediante una funzione esponenziale può essere eseguito un raccordo tra il campo alla superficie  $U_i(x, y, 2)$ , relativo al primo strato della maglia, e quello in quota  $U_i(x, y, k)$ , riguardante i restanti strati del reticolo. Tutto ciò in modo da attenuare le discontinuità che possono insorgere per il fatto che, per il livello superficiale vengono utilizzate solo le misure delle postazioni al suolo, mentre per i livelli sovrastanti vengono usate solo le misure dei profili di vento.

Nella interpolazione di tipo Cressman 3D, il peso  $P_n(x, y, z)$  è funzione della distanza tridimensionale e le componenti orizzontali di ogni cella del grigliato,  $U_i(x, y, k)$ , sono calcolate tenendo conto non solo della distanza in senso orizzontale ma anche della quota a cui è stata effettuata la misura. In questo modo si ha una ricostruzione più continua dei profili di ogni cella.

#### 4.2.10.2 MODELLO SURFPRO3

Il codice SurfPro sviluppato da ARIANET S.r.l. (Silibello, 2006, ARIANET, 2015), è un preprocessore meteorologico in grado di ricostruire le principali variabili che descrivono la turbolenza atmosferica su terreno complesso, necessarie in input a modelli di dispersione. Il codice riceve in input i campi tridimensionali di vento e temperatura generati da Swift, eventuali variabili meteorologiche disponibili sul territorio in esame (quali ad esempio la nuvolosità ora per ora disponibile dai campi provenienti da un modello prognostico) e la matrice di dati di uso del suolo, su un grigliato orizzontale corrispondente a quello dei dati di vento, in grado di descrivere la non omogeneità orizzontale del terreno nella risposta alla forzante radiativa solare e la conseguente disomogeneità nei campi di turbolenza che si vengono a determinare. Utilizzando diversi schemi di parametrizzazione della turbolenza consolidati in letteratura, il codice ricostruisce campi bidimensionali delle seguenti variabili:

- altezza di rugosità  $z_0$ ;
- altezza dello strato limite notturno o dello strato limite convettivo diurno  $H_{mix}$ ;
- velocità di frizione  $u_*$ ;
- altezza di Monin-Obukhov  $L$ ;
- velocità convettiva di scala  $w_*$ ;

Il programma tiene inoltre conto sia dell'inclinazione dei pendii rispetto a quella dei raggi solari che degli effetti d'ombra presenti a causa dell'eventuale mascheramento provocato dall'orografia.

SurfPro è in grado di stimare le velocità di deposizione per specie chimiche gassose e per il particolato. Per le specie gassose implementa uno schema resistivo per cui:

$$V_d = \frac{1}{R_a + R_b + R_s}$$

Dove  $R_a$  rappresenta la resistenza aerodinamica, dipendente dalle caratteristiche della superficie e dalle condizioni di stabilità atmosferica,  $R_b$  la resistenza di strato limite che descrive i processi di diffusione molecolare che avvengono nel trasporto degli inquinanti attraverso lo strato laminare intorno a superfici solide e  $R_c$  la resistenza superficiale che racchiude gli effetti dell'eventuale vegetazione presente sulla superficie legati a stomi fogliari, cuticole fogliari, resistenza del canopy inferiore (ad esempio di cortecce steli ecc.), e resistenza della superficie del suolo.

Per ogni specie gassosa di cui si vuole considerare la deposizione al suolo vanno forniti parametri quali ad esempio il coefficiente della legge di Henry, diffusività della specie, reattività e coefficiente di solubilità  $\alpha^*$  della specie gassosa in acqua.

La velocità di deposizione del particolato dipende dalla distribuzione dimensionale e dalla densità delle particelle. Le particelle di grandi dimensioni hanno una velocità di sedimentazione più significativa che agisce parallelamente alle altre resistenze. Le particelle molto piccole si comportano in modo simile ai gas, sebbene diffondano più lentamente. Maggiori dettagli sono disponibili sul manuale di SurfPro citato all'inizio del paragrafo e in Seinfeld e Pandis (1988).

#### 4.2.10.3 MODELLO SPRAY 3.1

Spray 3.1 sviluppato da ARIANET S.r.l. e ARIA Technologies S.A. (Tinarelli et al., 1994, 1999, 2019) è un modello tridimensionale per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera in grado di tenere conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica sia nello spazio (condizioni disomogenee) che nel tempo (condizioni non stazionarie). È in grado di ricostruire campi di concentrazione determinati da sorgenti puntiformi, lineari, areali o volumetriche. L'inquinante è simulato da "particelle virtuali" il cui movimento è definito sia dal vento medio locale che da velocità casuali che riproducono le caratteristiche statistiche della turbolenza atmosferica. In questo modo, differenti parti del pennacchio emesso possono "vedere" differenti condizioni atmosferiche, permettendo simulazioni più realistiche in condizioni difficili da riprodurre con modelli tradizionali (calma di vento, inversione di temperatura con la quota, impatto con orografia complessa, dispersione in siti con forti discontinuità spaziali tipo terra-mare o città-campagna).

Il moto di ogni particella viene ricostruito utilizzando le equazioni:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + u_x(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_x(t) = \overline{U_x}(t) + u'_x(t)$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + u_y(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_y(t) = \overline{U_y}(t) + u'_y(t)$$

$$z(t + \Delta t) = z(t) + u_z(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_z(t) = \overline{U_z}(t) + u'_z(t)$$

dove  $x$ ,  $y$ ,  $z$  rappresentano le coordinate cartesiane di ogni singola particella nel dominio tridimensionale e  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$  le componenti delle velocità, suddivise in parte media e fluttuazione turbolenta. La parte media, responsabile del trasporto degli inquinanti, è ottenuta da Swift nel sistema di riferimento *terrain-following*  $x,y,s$ , in cui la coordinata verticale  $s$  è definita come:

$$s = \frac{z - z_g}{z_{top} - z_g}$$

dove  $z$  è la coordinata geometrica verticale,  $z_{top}$  l'altezza del dominio di calcolo e  $z_g(x,y)$  l'altezza dell'orografia. Le particelle interpolano linearmente il valore del vento nel punto  $x,y,z$  in cui si trovano utilizzando i valori di tali matrici. SPRAY 3.1 consente di simulare condizioni non stazionarie interpolando linearmente nel tempo il valore tra quelli di due matrici successive.

Le fluttuazioni turbolente  $u'_x$ ,  $u'_y$  e  $u'_z$ , responsabili della diffusione, sono determinate risolvendo le equazioni differenziali stocastiche di Langevin:

$$u'_i(t + \Delta t) = a_i(x, u(t), t)\Delta t + b_i(x, u(t), t)\Delta \xi; \quad i = x, y, z$$

dove  $a$  e  $b$  sono funzioni della posizione e della velocità di ogni particella e dipendono dalle caratteristiche della turbolenza e dallo schema risolutivo utilizzato. SPRAY 3.1 implementa gli schemi indicati da Thomson (1984, 1987).

Spray 3.1 è in grado di simulare i fenomeni di deposizione secca ed umida. La deposizione secca viene simulata mediante un metodo di rimozione probabilistico orientato alla particella, derivato dalla soluzione dell'equazione di Fokker-Planck (Boughton et al., 1987), che impone una condizione al contorno al suolo tale da garantire, in ogni intervallo di tempo  $\Delta t$ , che il flusso di deposizione sia proporzionale alla concentrazione al suolo, secondo un coefficiente rappresentato dalla velocità di deposizione. La massa rimossa dalla particella viene accumulata nella cella sottostante consentendo il calcolo dei flussi di deposizione per ogni specie considerata.

La deposizione umida viene calcolata in presenza di precipitazione ipotizzando che, in ogni intervallo di tempo  $\Delta t$ , vi sia un decadimento o rimozione della massa di una specie associata alla particella secondo la legge esponenziale

dove:  $S$  è definito come coefficiente di washout, proporzionale alla precipitazione

-  $S = S1 R$

-  $R$  rappresenta il rateo di precipitazione in mm/ora e  $S1$  è il coefficiente standardizzato di washout, dipendente dalla specie o dalla granulometria di particolato e riferito alla precipitazione standard di 1 mm/ora.

Per pilotare una simulazione di dispersione che tenga anche conto dei fenomeni di deposizione secca e umida, SPRAY 3.1 utilizza principalmente:

- campi tridimensionali di vento e temperatura, forniti da Swift;
- campi bidimensionali di turbolenza  $z_0$ ,  $H_{mix}$ ,  $u^*$ ,  $L$ ,  $w^*$  forniti da SurfPro;
- cambi bidimensionali di velocità di deposizione secca variabili nel tempo forniti da SurfPro, campi bidimensionali di precipitazione in mm/h, coefficienti di washout per le specie considerate
- dati di emissione, costituiti da una sequenza di informazioni sulla loro geometria e localizzazione spaziale, sulle quantità in massa emesse per ciascuna delle specie inquinanti prese in considerazione nella simulazione e sul numero di particelle da utilizzare. Ad ogni particella viene attribuita una massa per ogni specie, dipendente dalle caratteristiche della sorgente nel momento in cui viene emessa, simulando in questo modo condizioni non stazionarie. Il modello tiene inoltre conto dell'eventuale risalita di pennacchi caldi emessi da ciminiere di impianti industriali, secondo lo schema sviluppato da Anfossi (1993).

Il modello, nella versione utilizzata per il presente studio, contiene inoltre un algoritmo per considerare gli effetti di building downwash basato sul modello di Huber-Snyder (Huber and Snyder, 1976, 1982, Huber, 1977), con alcuni adattamenti specifici per un modello di dispersione lagrangiano a particelle (Tinarelli, 2019).

#### 4.2.10.4 APPLICAZIONE DEI CODICI

La suite di codici Swift-SurfPro-SPRAY di cui si compone il sistema *ARIA Impact 3D* vanta una lunga storia di applicazioni e validazioni realizzate in differenti siti e condizioni, che hanno progressivamente portato il sistema ad una sempre maggiore affidabilità. Questo fatto, insieme allo sviluppo di sistemi di calcolo sempre più potenti e veloci, ha consentito di allargare il campo di applicazioni che inizialmente, per questo tipo di modelli, erano legate a studi di breve periodo per sorgenti convogliate singole.

Molto dello sviluppo iniziale si è realizzato grazie a fruttifere collaborazioni tra tecnici facenti capo alla struttura di ricerca ENEL ed istituzioni nazionali di ricerca scientifica, come il CNR (Istituto di Cosmogeofisica di Torino e istituto FISBAT di Bologna poi confluiti nell'istituto ISAC), il Politecnico di Milano, l'Università di Alessandria e società private, come ARIA Technologies di Parigi, responsabile in primis del codice Swift. Alcuni di questi istituti continuano ancora oggi l'attività di sviluppo di parti dei codici. Sono state inoltre aperte anche collaborazioni in ambiente internazionale per lo sviluppo e l'utilizzo del codice (in Polonia, Spagna, Brasile, Francia).

Il modello lagrangiano Spray, che costituisce l'elemento finale della catena, ha implementato al suo interno schemi di calcolo per le equazioni stocastiche sviluppati nella seconda metà degli anni ottanta (Thomson, 1984, 1987). Da allora non sono stati fatti sostanziali passi avanti in senso applicativo, pur proseguendo la ricerca su questi tipi di modelli.

Nell'anno 2000, la maggior parte dei tecnici responsabili del progetto legato al modello SPRAY ed agli altri elementi della suite, hanno formato la società ARIANET S.r.l., che attualmente mantiene e sviluppa i codici in stretta collaborazione con la società Aria Technologies di Parigi.

Inoltre, SPRAY si trova inserito del database Europeo MDS (Modelling Documentation System, [http://air-climate.eionet.eu.int/databases/MDS/index\\_html](http://air-climate.eionet.eu.int/databases/MDS/index_html)), che raccoglie le informazioni sui principali modelli meteo-dispersivi disponibili in Europa.

Le prime validazioni sul modello lagrangiano a particelle sono state eseguite su terreno piatto, allo scopo di verificarne le performance attraverso il confronto con i dati di campagne sperimentali con traccianti (Brusasca et al., 1989 e 1991). In particolare, le validazioni eseguite su dataset internazionali, sia per situazioni convettive e neutre, sia in casi di calma di vento e forte stabilità, hanno consentito lo sviluppo di algoritmi ad hoc per il trattamento di queste condizioni dove altri modelli più semplici mostrano debolezze.

Le prime applicazioni del codice Spray in terreno complesso sono state effettuate in condizioni controllate sui dati di galleria del vento dell'esperimento EPA (Tinarelli et al., 1994). Questo tipo di elaborazioni ha consentito una prima messa a punto del codice su terreno complesso, che ha fornito risultati notevoli riproducendo l'esperimento in maniera estremamente soddisfacente.

A partire da questa validazione il codice, accoppiato a Swift e SurfPro, è stato utilizzato in numerosi studi. Alcuni di questi erano volti a dimostrare la maggiore qualità fornita da un modello a particelle rispetto ad approcci alternativi più semplici, come modelli gaussiani o modelli a traiettorie, in presenza di un limitato numero di sorgenti.

Molti tra i lavori effettuati con la suite modellistica hanno portato a presentazioni a convegni internazionali o a pubblicazioni su riviste specializzate. Tra questi si possono citare i lavori di verifica dell'impatto della centrale termoelettrica di Sostanj, in Slovenia (Boznar et al., 1994) e la ricostruzione della dispersione di inquinanti in valli alpine (Anfossi et al. 1998, Desiato et al., 1998). Successivamente sono stati prodotti studi scala temporale climatologica annuale (Finardi et al., 1998, Brusasca et al. 2001), mettendo in evidenza i problemi generati dal modello gaussiano nelle situazioni di impatto con l'orografia e la più corretta descrizione da parte del modello a particelle.

La suite modellistica è stata inoltre implementata in sistemi di controllo automatico dell'inquinamento in aree industriali quali ad esempio quelle di Marghera (VE), Brindisi,

Taranto (progetto SIMAGE, Nordvik e Brusasca, 2004) e Priolo (SR) (Brusasca et al, 2004), la centrale nucleare di Krsko in Slovenia (Breznik et al, 2002) e la discarica di rifiuti tossici nocivi di Barricalla (Pacitti et al. 1997).

L'area di applicazione della suite modellistica si è inoltre allargata a situazioni complesse a scala provinciale o regionale, nelle quali è prevista l'integrazione con reti di monitoraggio ed inventari di emissioni. In questi casi il sistema modellistico è stato utilizzato sia per la ricostruzione di situazioni reali, sia per la realizzazione di scenari. Il quantitativo di emissioni considerate in queste applicazioni risulta notevolmente differente rispetto ai casi descritti in precedenza, aumentando in misura considerevole e raggiungendo in alcuni casi il numero di alcune migliaia.

Tra queste applicazioni si possono citare quelle utilizzate da ARPA Valle d'Aosta (Pession et al., 2005) e Piemonte (Calori et al, 2003), Provincia di Torino (Cuffini et al., 2000), Comune di Taranto (Gariazzo et al., 2005), porto di Taranto (Gariazzo et al, 2007) e Venezia, collaborando con il CNR ISAC di Torino (Trini Castelli, Mortarini e Tinarelli, [http://www.corila.it/sites/pub/6-Report\\_finale\\_ISAC\\_DISPERSIONE.pdf](http://www.corila.it/sites/pub/6-Report_finale_ISAC_DISPERSIONE.pdf)).

La suite modellistica in oggetto è stata, inoltre, utilizzata per la realizzazione di scenari che consentono una valutazione di impatto di opere progettate o in funzione. Tra questi lavori si possono citare lo studio di impatto della Pedemontana Lombarda, del progettato tunnel di Mestre, la valutazione modellistica della dispersione e della ricaduta al suolo degli inquinanti emessi dal traffico veicolare lungo la Val di Susa (Nanni et al. 1996), l'autostrada A22 per il progettato tunnel di base del Brennero e la verifica dell'impatto del transito di un diverso numero di TIR a seguito della riapertura del tunnel del Monte Bianco (Pession et al., 2005).

Numerosi altri lavori studi sono stati realizzati da ARIANET S.r.l., utilizzando la suite modellistica, per valutare gli impatti sia di impianti industriali in diversi contesti (Centrali Termoelettriche o Impianti di Termovalorizzazione, Cartiere, Discariche, Raffinerie, Acciaierie, industria del cemento), di opere stradali, di infrastrutture (porti ed aeroporti) sul territorio italiano e all'estero, che hanno portato alla realizzazione di rapporti interni non divulgabili.

L'intero sistema modellistico è attualmente installato presso Arpa Valle d'Aosta, Arpa Piemonte, Arpa Lombardia, Arpa Friuli, Arpa Lazio, Arpa Molise, Arpa Puglia, Arpa Basilicata e Arpa Calabria dove viene utilizzato per gli scopi delle agenzie.

#### **4.2.11 BIBLIOGRAFIA**

ARIANET (2015) SURFPro3 (SURface-atmosphere interFace PROcessor, Version 3) Reference guide. <http://95.228.102.186/trac/SURFPro>.

ARIANET (2020) FARM (Flexible Air Quality Regional Model) Model Formulation and User Manual - Version 5.1

Aria Technologies (2010): Swift General Design Manual. ARIA Report, March 2010, Aria Technologies 2001.

Anfossi D., Ferrero E., Brusasca G., Marzorati A., Tinarelli G. (1993) "A simple way of computing buoyant plume rise in Lagrangian stochastic dispersion models", Atmospheric Environment 27A, 1443-1451.

Anfossi D., F. Desiato, G. Tinarelli, G. Brusasca, E. Ferrero, D. Sacchetti, (1998) "TRANSALP 1989 Experimental Campaign - part II: Simulation of a tracer experiment with Lagrangian particle models.", Atmospheric Environment, 32, 7, 1157-1166.

Boughton B.A., De Laurentis, J.M. (1987) A stochastic model for particle dispersion in the atmosphere. Boundary Layer Meteorology, 40, 147-163.

Boznar M., Brusasca G., Cavicchioli C., Faggian P., Finardi S., Mlakar P., Morselli M.G., Sozzi R., Tinarelli G.: "Application of advanced and traditional diffusion models to an experimental campaign in complex terrain". Reprint of Second International Conference "Air Pollution 1994", 27-29 Sept 1994, Barcelona, Spain, pp. 159-166.

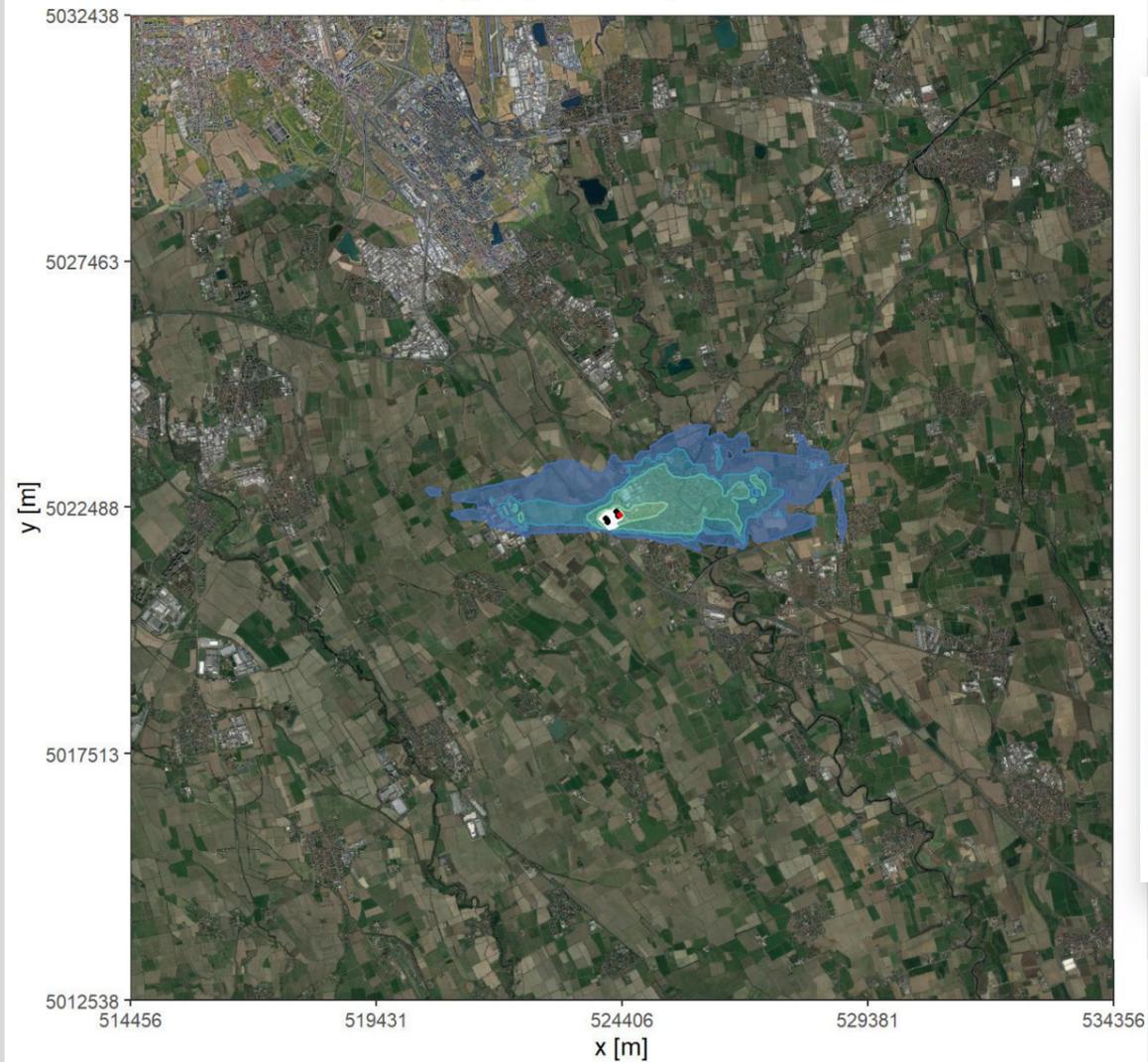
- Breznik B., Boznar M., Mlakar P., Tinarelli G., (2002) "Dose protection using dispersion models" 8th Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes. Sofia, 14-17 October, 409-413.
- Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D. (1989) "Comparison between the results of a Monte Carlo atmospheric diffusion model and tracer experiments", *Atmospheric Environment* 23, 1263-1280.
- Brusasca G., Tinarelli G., Anfossi D. (1992) "Particle model simulation of diffusion in low windspeed stable conditions", *Atmospheric Environment* 26, 707-723.
- Brusasca G., Carboni G., Finardi S., Sanavio D., Tinarelli G., Toppetti A. (2001) "Comparison of a Gaussian (ISC3) and a Lagrangian Particle Model (SPRAY) for Regulatory applications in Flat and Complex Terrain Sites Representative of Typical Italian Landscape", *Proceedings of the 7th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, Belgirate, Italy, May 28-31, 2001, 130-134.
- Brusasca G., Tinarelli G., D'Allura A., GAmbienteadoro A., Carta R., Valastro G., Zerbo M. (2004) "Integration of measurement and modelling systems to reconstruct pollution impacts around the industrial area of Priolo (Sicily)" 13th IUAPPA World Clean Air and Environmental Protection Congress and Exhibition, London, UK, 22-27 August 2004.
- Calori G., De Maria R., M. Clemente, F. Lollobrigida, S. Finardi, G. Tinarelli "Air quality integrated assessment in Turin urban area using atmospheric transport and dispersion models" 4th International Conference on Urban Air Quality Measurement, Modelling and Management. Prague, 25-27 March 2003, 214-217.
- Carson D.J. (1973) The development of a dry inversion-capped convectively unstable boundary layer *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 99, 450-467.
- Cornelis C., De Fré K. et al. (2007) "Proposal for environmental guideline values for atmospheric deposition of dioxins and PCBs – Final Report", 2007/IMS/R/277, VITO, 2007.
- Cuffini S., Pavone F., Anfossi D., Nanni A., Tinarelli G.: "Metodologie integrate per il controllo della qualità dell'aria in aree ad alta urbanizzazione". *Proceedings of the congress "Arie di città" – Bologna 28-30 Novembre 2000*.
- Breiman, L.: "Random Forests." *Machine Learning*, 45, 5–32, 2001
- Desiato F., Finardi S., Brusasca G. and Morselli M.G.: 1998, "TRANSALP 1989 Experimental Campaign - Part I: Simulation of 3-D Flow with Diagnostic Wind Field Models", *Atmospheric Environment*, 32, 7, 1141-1156, 1998.
- Finardi S., Tinarelli G., Faggian P. and Brusasca G.: 1998, "Evaluation of Different Wind Field Modeling Techniques for Wind Energy Applications over Complex Topography", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 74-76, 283-294, 1998.
- Gariazzo C., Papaleo V., A. Pelliccioni, G. Calori, P. Radice, G. Tinarelli (2005) Air Pollution Impact Assessment of a Complex Industrial-Urban Area by means of a Lagrangian Particle Model" 3rd International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global scale. Istanbul, 26-30 Sept. 2005.
- Holtslag A.A.M., van Ulden A.P. (1983) Scaling the Atmospheric Boundary Layer, *Boundary Layer Meteorology*, 36, 201-209.
- Kukkonen, J., Olsson, T., Schultz, D. M., Baklanov, A., Klein, T., Miranda, A. I., Monteiro, A., Hirtl, M., Tarvainen, V., Boy, M., Peuch, V.-H., Poupkou, A., Kioutsioukis, I., Finardi, S., Sofiev, M., Sokhi, R., Lehtinen, K. E. J., Karatzas, K., San José, R., Astitha, M., Kallos, G., Schaap, M., Reimer, E., Jakobs, H., and Eben, K.: A review of operational, regional-scale, chemical weather forecasting models in Europe, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 1–87, <https://doi.org/10.5194/acp-12-1-2012>, 2012.
- Gariazzo C., Papaleo V., Pelliccioni A., Calori G., Radice P., Tinarelli G. "Application of a Lagrangian particle model to assess the impact of harbour, industrial and urban activities on air quality in the Taranto area, Italy", *Atmospheric Environment*, 41, 30, September 2007, Pages 6432-6444.
- Huber, A.H. (1977) "Incorporating building/terrain wake effects on stack effluents", Preprint volume for the Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology, American Meteorological Society, Boston, MA.
- Huber, A.H., Snyder W.H. (1976) "Building wake effects on short stack effluents", Preprint volume for the Third Symposium on Atmospheric Diffusion and Air Quality, American Meteorological Society, Boston, MA.
- Huber, A.H., Snyder W.H. (1982), "Wind tunnel investigation of the effects of a rectangular-shaped building on dispersion of effluents from short adjacent stacks", *Atmospheric Environment*, 17, 2837-2848.

- Liu D.H.F. and Liptak B.G. (1997) "Environmental Engineers' Handbook", Second Edition CRC-Press, 1997.
- Moussiopoulos N., Flassak T., Knittel G. (1988) "A refined diagnostic wind model" *Environmental Software*, 3(2), 85-94.
- Nordvik J.P. Brusasca G. "Applicazioni modellistiche a scala locale e regionale inserite nel progetto SIMAGE per sistemi di controllo della qualità dell'aria in tempo reale" in "I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria: normativa, strumenti, applicazioni" - CTN-ACE Ob Specifico 09.02: Elaborazione di linee guida per la selezione e l'uso dei modelli Tk 09.02.03a: Linee guida per la scelta e l'uso dei modelli Rapporto 2004, 40-42.
- Pacitti, M. P. Mensio, G. Brusasca, G. Tinarelli, G. Genon, F. Marchese, G. Nobile, G. Malvasi: "Global evaluation of the activity of toxic and hazardous waste landfills using monitoring and modeling integrated system". Proc. of 5th International Conference "Air Pollution 1997", 16-18 September, Bologna, Italy. *Air Pollution V, modelling, monitoring and management*, 517-526, Computational Mechanics Publications.
- Pession G., Zublena M., Agnesod G., Brusasca G., Calori G., Nanni A., Finardi S., Silibello C., Tinarelli G. (2005) "Use of 3D atmospheric dispersion modelling for air quality management in a very complex terrain alpine region (Valle d'Aosta)" 10th Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes, Sissi (Crete) 17-21 October 2005.
- Pielke R.A., Cotton W.R., Walko R.L., Tremback C.J., Lyons W.A., Grasso L.D., Nicholls M.E., Moran M.D., Wesley D.A., Lee T.J. and Copeland J.H. (1992) A Comprehensive Meteorological Modeling System – RAMS. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 49, 69-91.
- Seinfeld J. H., Pandis N. S. (1998) *Atmospheric Chemistry and Physics*, John Wiley and Sons, Inc.
- Silibello C. (2006) "SURFPRO (SURface-atmosphere interFace PROCessor) User's guide", Rapporto ARIANET R2006.06.
- Silibello, C., Bolignano, A., Sozzi, R., Gariazzo, C. (2014) Application of a chemical transport model and optimized data assimilation methods to improve air quality assessment. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 7, 3, 283-296.
- Silibello, C., Carlino, G., Stafoggia, M. et al.: Spatial-temporal prediction of ambient nitrogen dioxide and ozone levels over Italy using a Random Forest model for population exposure assessment. *Air Qual Atmos Health*, 14, 817–829 (2021).
- Stauffer D.R. and Seaman N.L. (1990), Use of Four-Dimensional Data Assimilation in a Limited-Area Mesoscale Model. Part I: Experiments with Synoptic-Scale Data. *Monthly Weather Review*, American Meteorological Society.
- Thomson D.J. (1984) "Random walk modelling of diffusion in inhomogeneous turbulence", *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 110, 1107-1120.
- Thomson D.J. (1987) "Criteria for the selection of stochastic models of particle trajectories in turbulent flows". *J. Fluid Mech.*, 180, 529-556.
- Tinarelli G., Anfossi D., Brusasca G., Ferrero E., Giostra U., Morselli M.G., Moussafir J., Tampieri F., Trombetti F., (1994) "Lagrangian particle simulation of tracer dispersion in the lee of a schematic two-dimensional hill", *Journal of Applied Meteorology*, 33, N. 6, 744-756.
- Tinarelli G., D.Anfossi, M. Bider, E.Ferrero, S. Trini Castelli (1999): "A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies". *Air Pollution Modelling and its Applications XIII*, S.E. Gryning and E. Batchvarova eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, 499-507.
- Tinarelli G. (2019): SPRAY 3.1.15, General description and User's Guide, Rapporto ARIANET R2013.27.
- Venkatram A. (1980) Estimating the Monin-Obukhov length in the stable boundary layer for dispersion calculations, *Boundary Layer Meteorology*, 19, 481-485.
- US-EPA (2005), "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities".
- Weil J.C., Brower R.P. (1980) Estimating convective boundary layer parameters for diffusion application, Martin Marietta Environmental Center, Columbia, MD, Report Number PPSP-MP-48, 37 pp.

## **4.2- A      ALLEGATO CARTOGRAFICO**

Concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> - scenario manutenzione

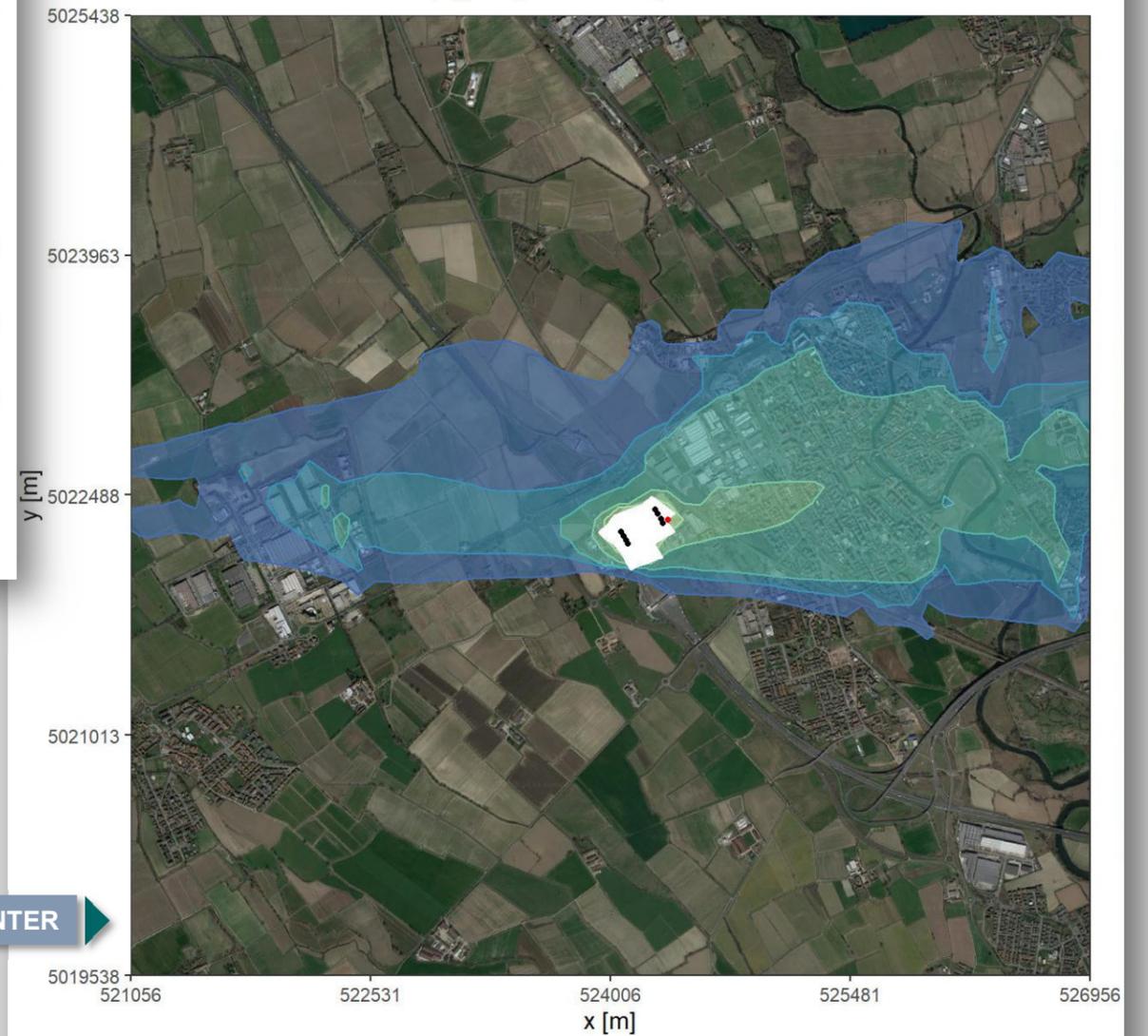
Massimo nel dominio = 0.03 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338



MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO

Concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> - scenario manutenzione

Massimo nel dominio = 0.03 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338

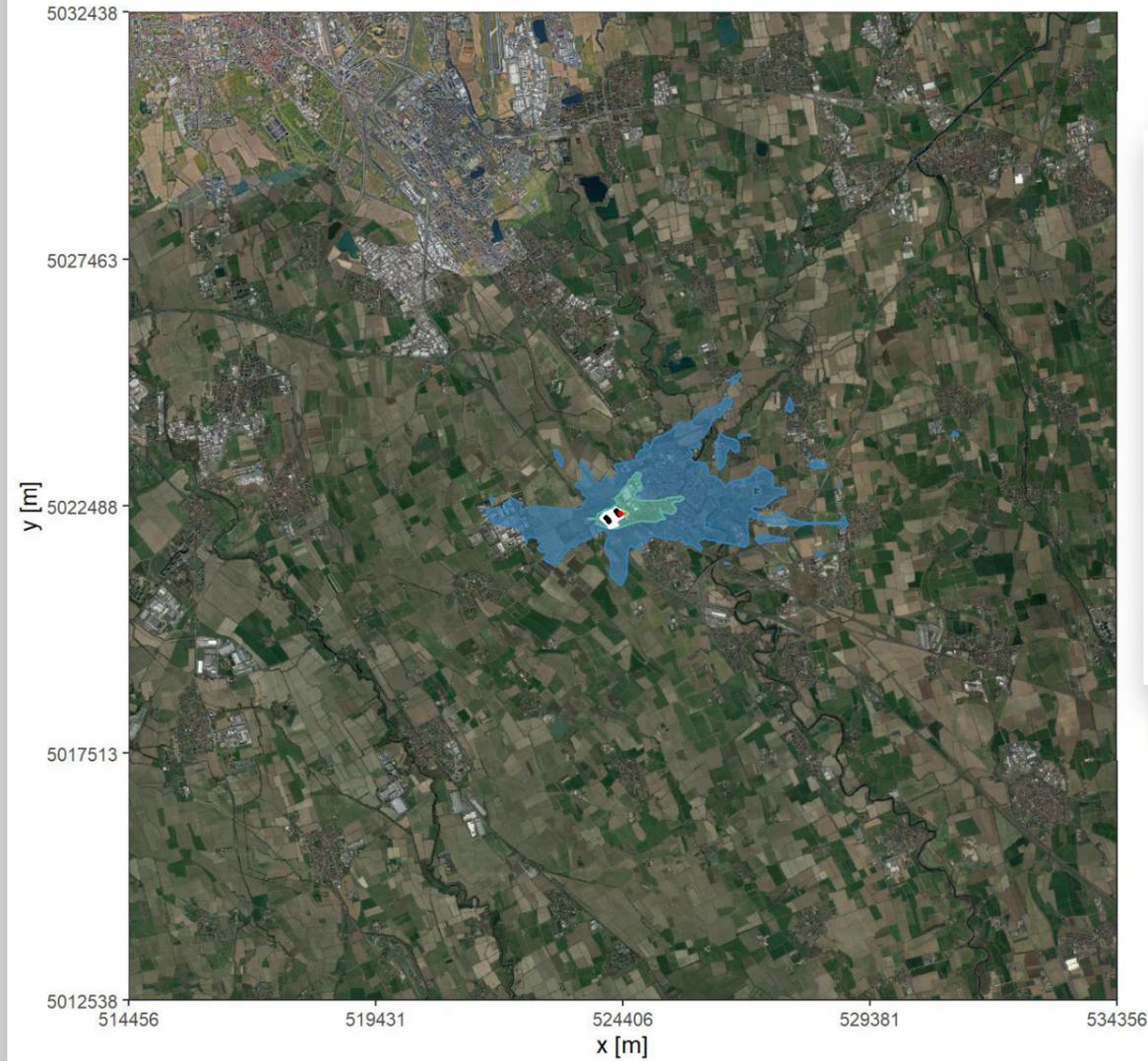


MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER

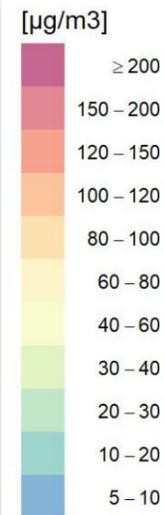
**TAVOLA 4.2/A INQUINANTE NO<sub>x</sub> – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE MEDIA SU BASE ANNUA DETERMINATI DALLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE DEI GRUPPI ELETTOGENI**

99.8 percentile delle medie orarie di NO<sub>x</sub> - scenario manutenzione

Massimo nel dominio = 29.46 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338



MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO



99.8 percentile delle medie orarie di NO<sub>x</sub> - scenario manutenzione

Massimo nel dominio = 29.46 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338

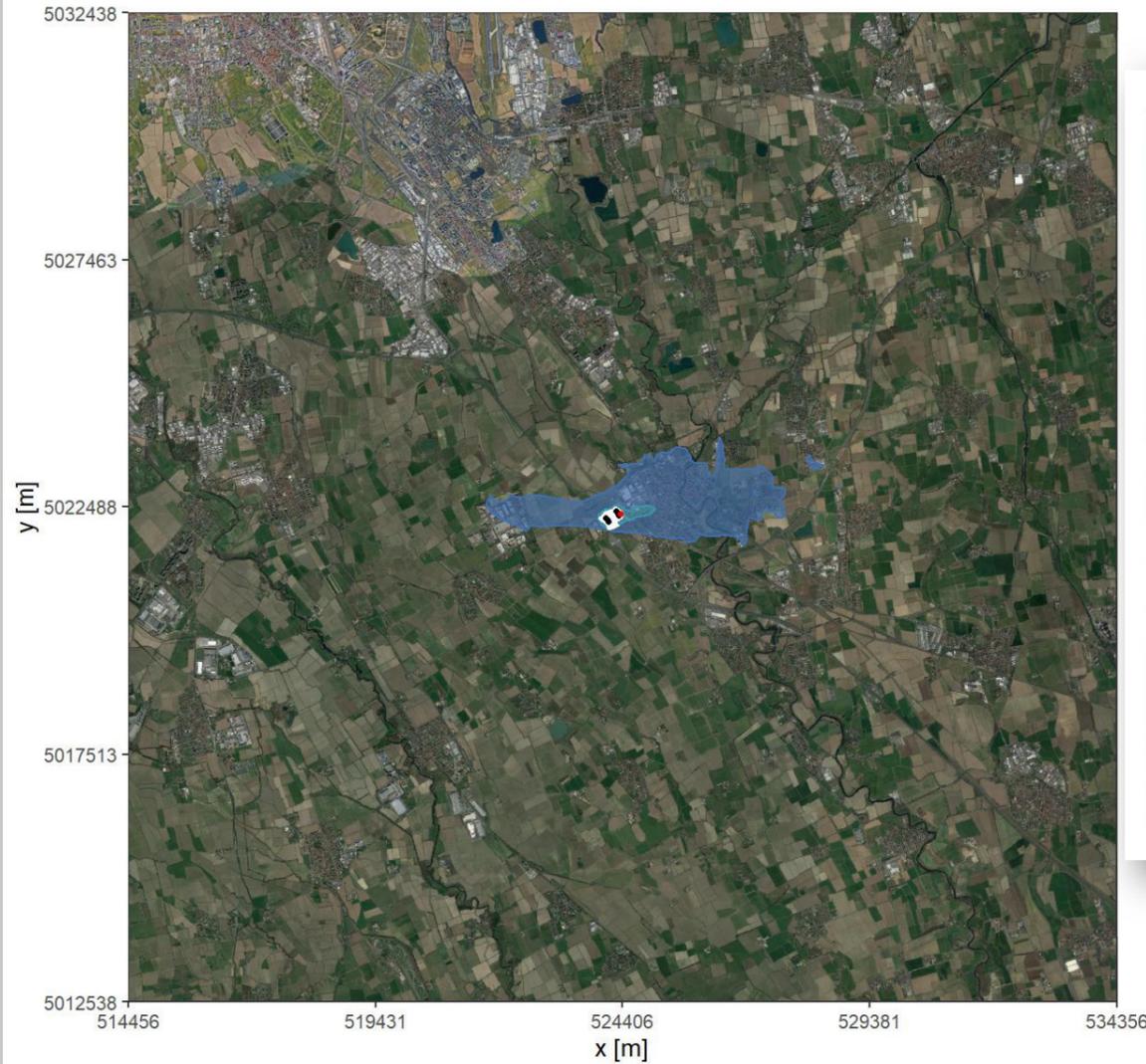


MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER

**TAVOLA 4.3/B INQUINANTE NO<sub>x</sub> – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE SUPERATI NON PIÙ DI 18 ORE/ANNO DETERMINATI DALLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE DEI GRUPPI ELETTRICI**

**Concentrazione media annua di Polveri - scenario manutenzione**

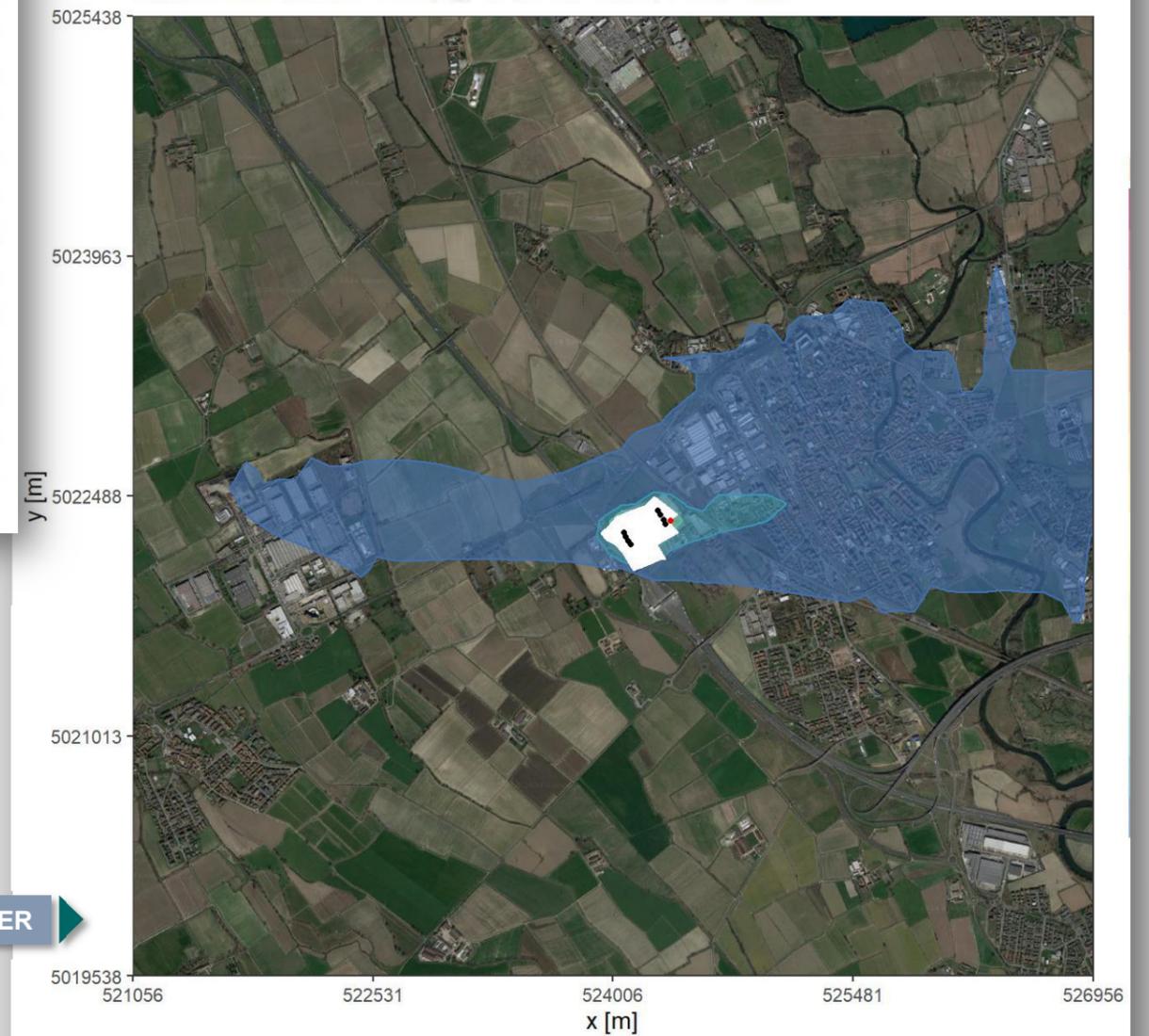
Massimo nel dominio = 0.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , X= 524356, Y= 5022338



**MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO**

**Concentrazione media annua di Polveri - scenario manutenzione**

Massimo nel dominio = 0.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , X= 524356, Y= 5022338

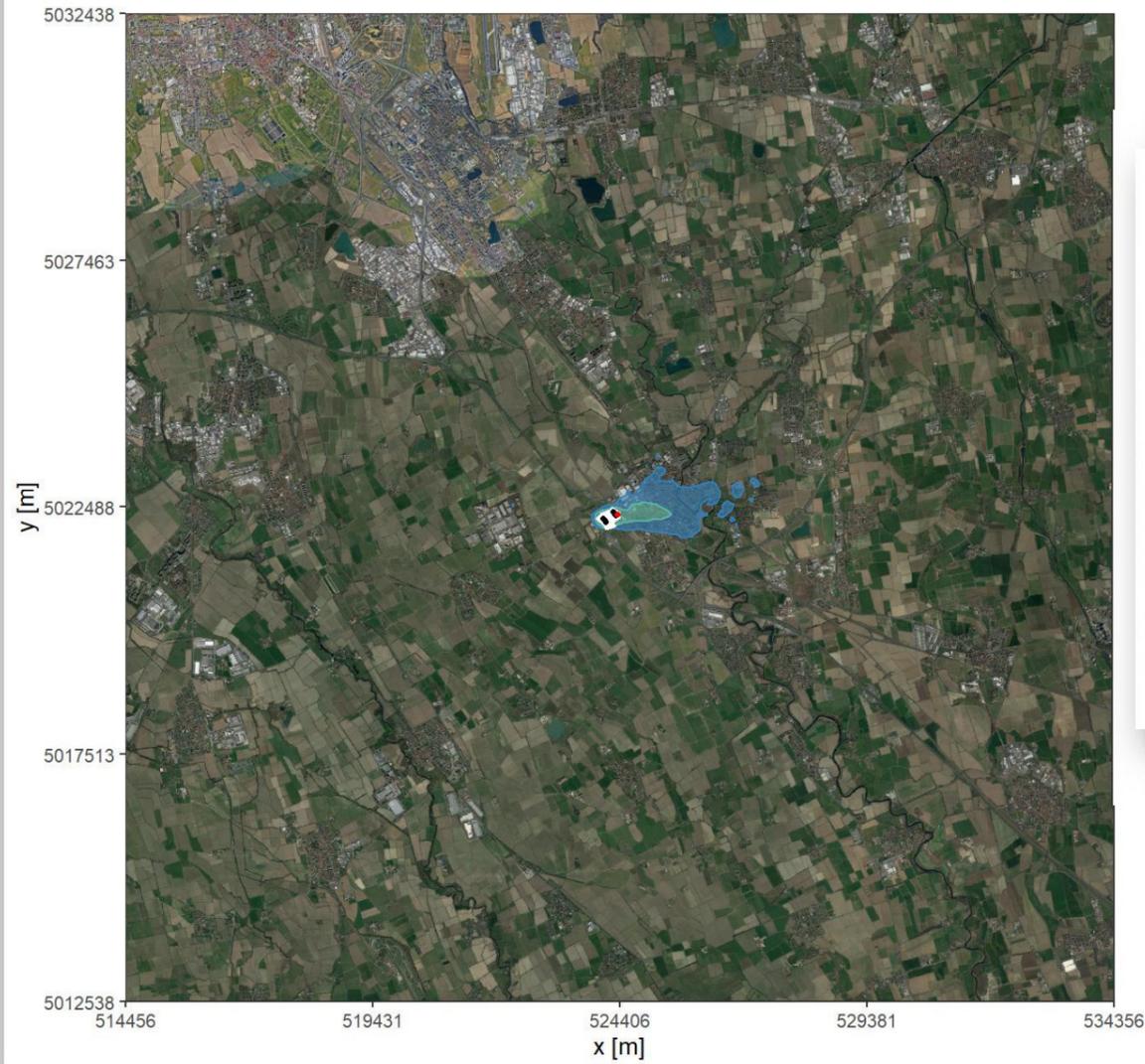


**MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER**

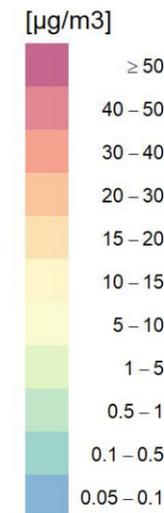
**TAVOLA 4.3/C INQUINANTE PM10/PM2.5 – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE MEDIA SU BASE ANNUA DETERMINATI DALLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE DEI GRUPPI ELETTRICI**

90.4 percentile delle medie giornaliere di Polveri - scenario manutenzione

Massimo nel dominio =  $0.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , X= 524356, Y= 5022338

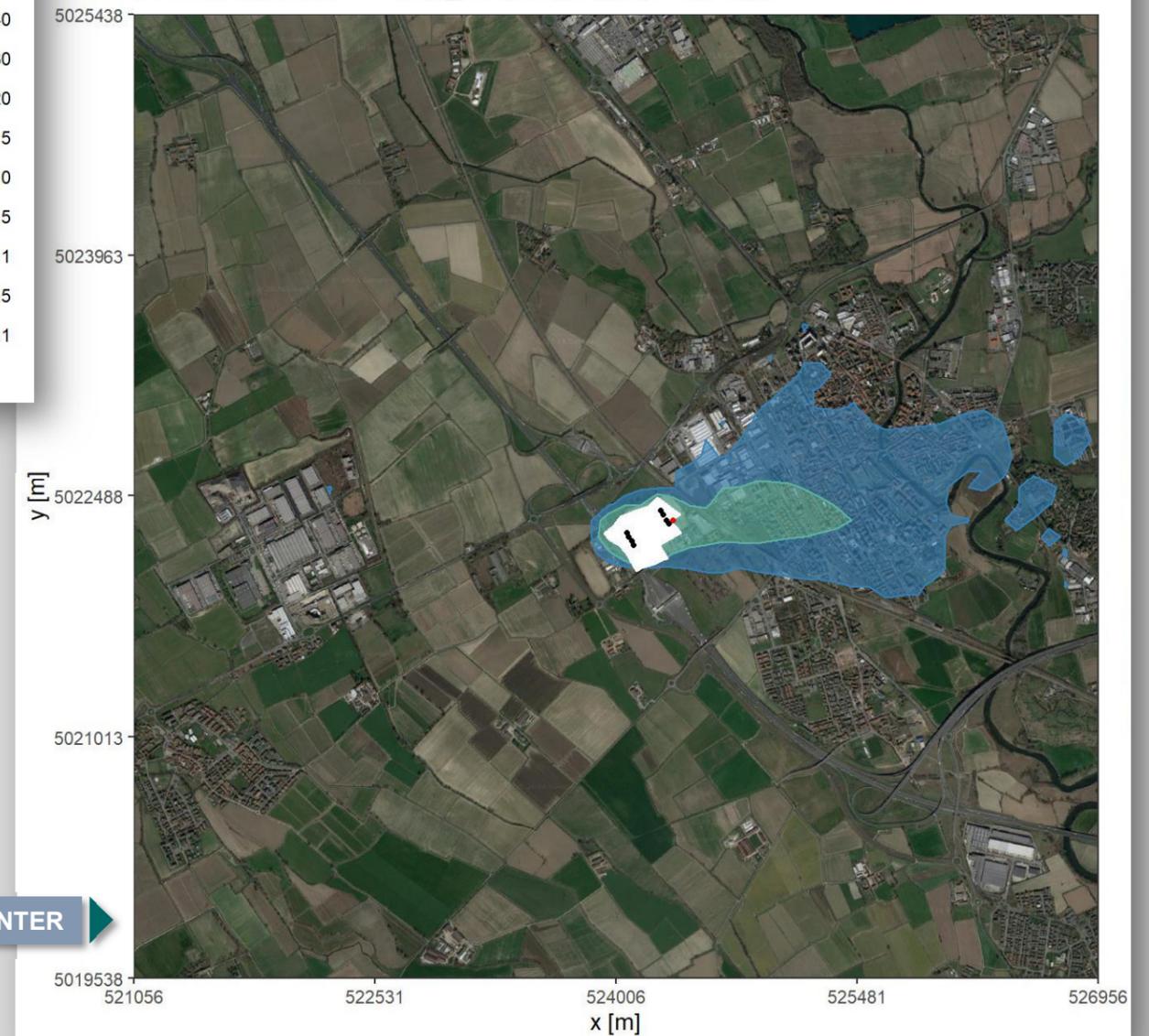


MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO



90.4 percentile delle medie giornaliere di Polveri - scenario manutenzione

Massimo nel dominio =  $0.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , X= 524356, Y= 5022338

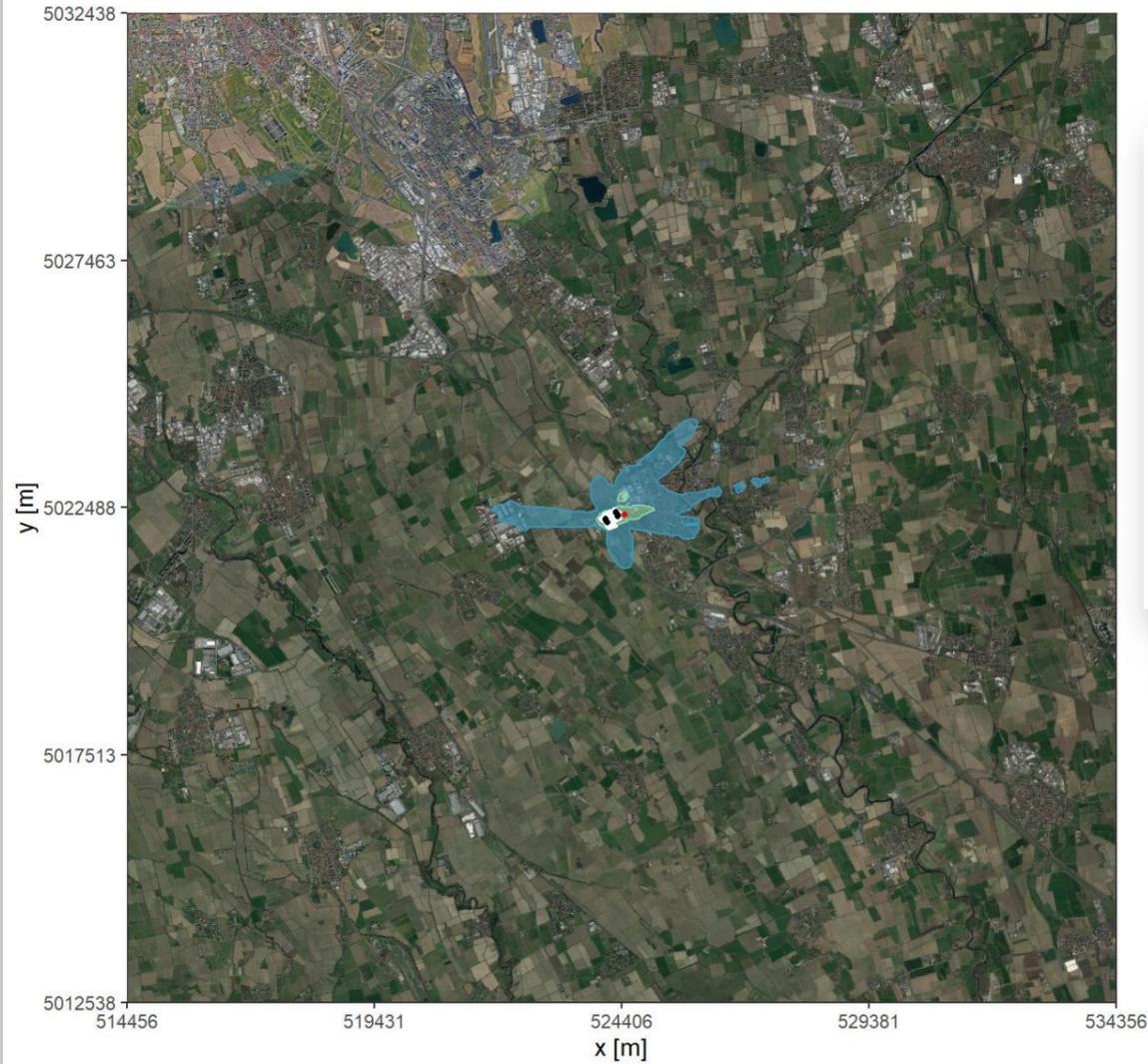


MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER

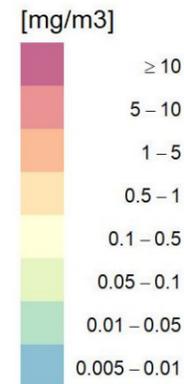
**TAVOLA 4.3/D INQUINANTE PM10/PM2.5 – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE GIORNALIERA MEDIA SUPERATI NON PIÙ DI 35 GIORNI/ANNO DETERMINATI DALLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE DEI GRUPPI ELETTOGENI**

Massimo della media mobile su 8 ore di CO - scenario manutenzione

Massimo nel dominio = 0.02 mg/m<sup>3</sup>, X= 524456, Y= 5022338

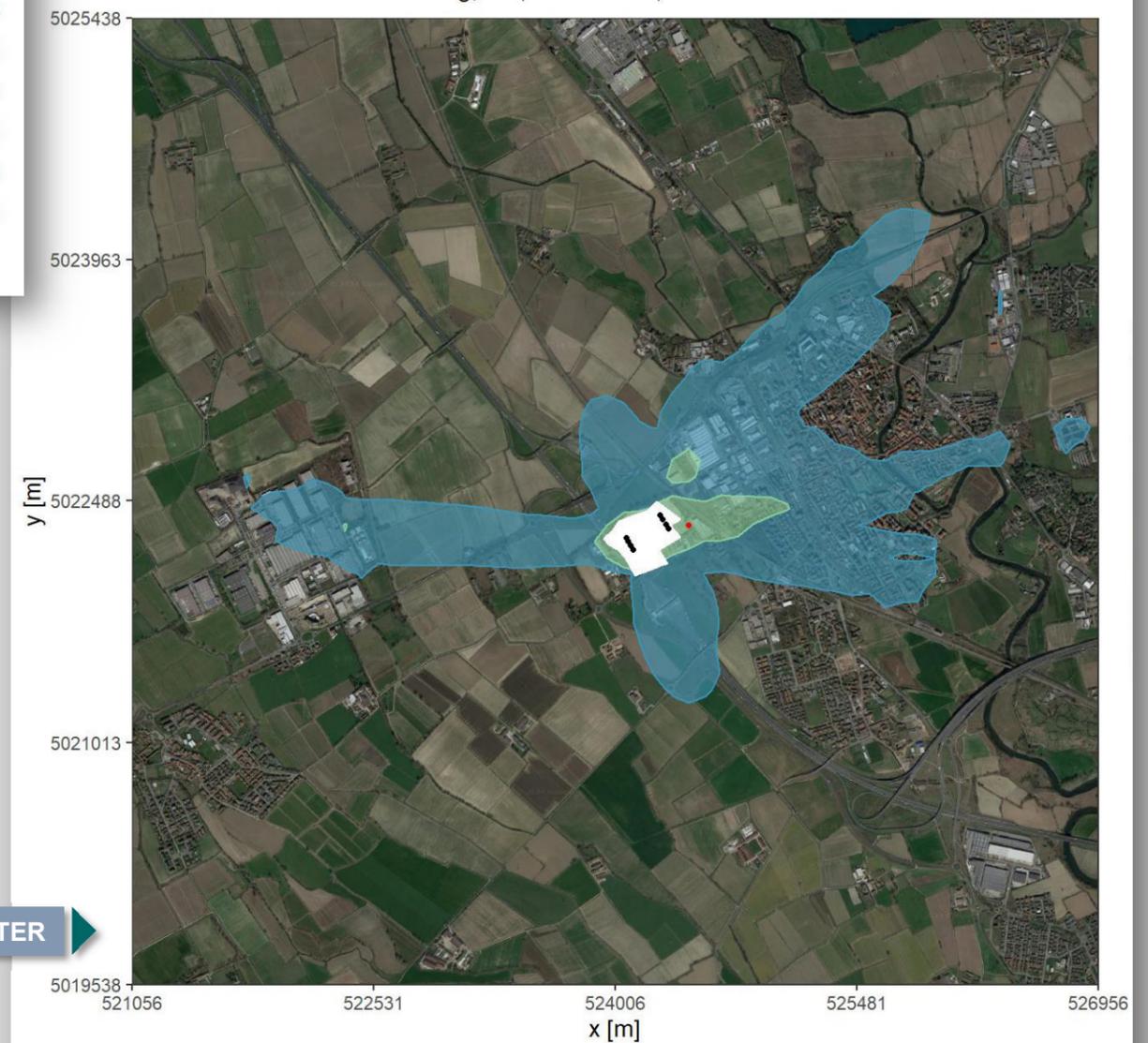


MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO



Massimo della media mobile su 8 ore di CO - scenario manutenzione

Massimo nel dominio = 0.02 mg/m<sup>3</sup>, X= 524456, Y= 5022338

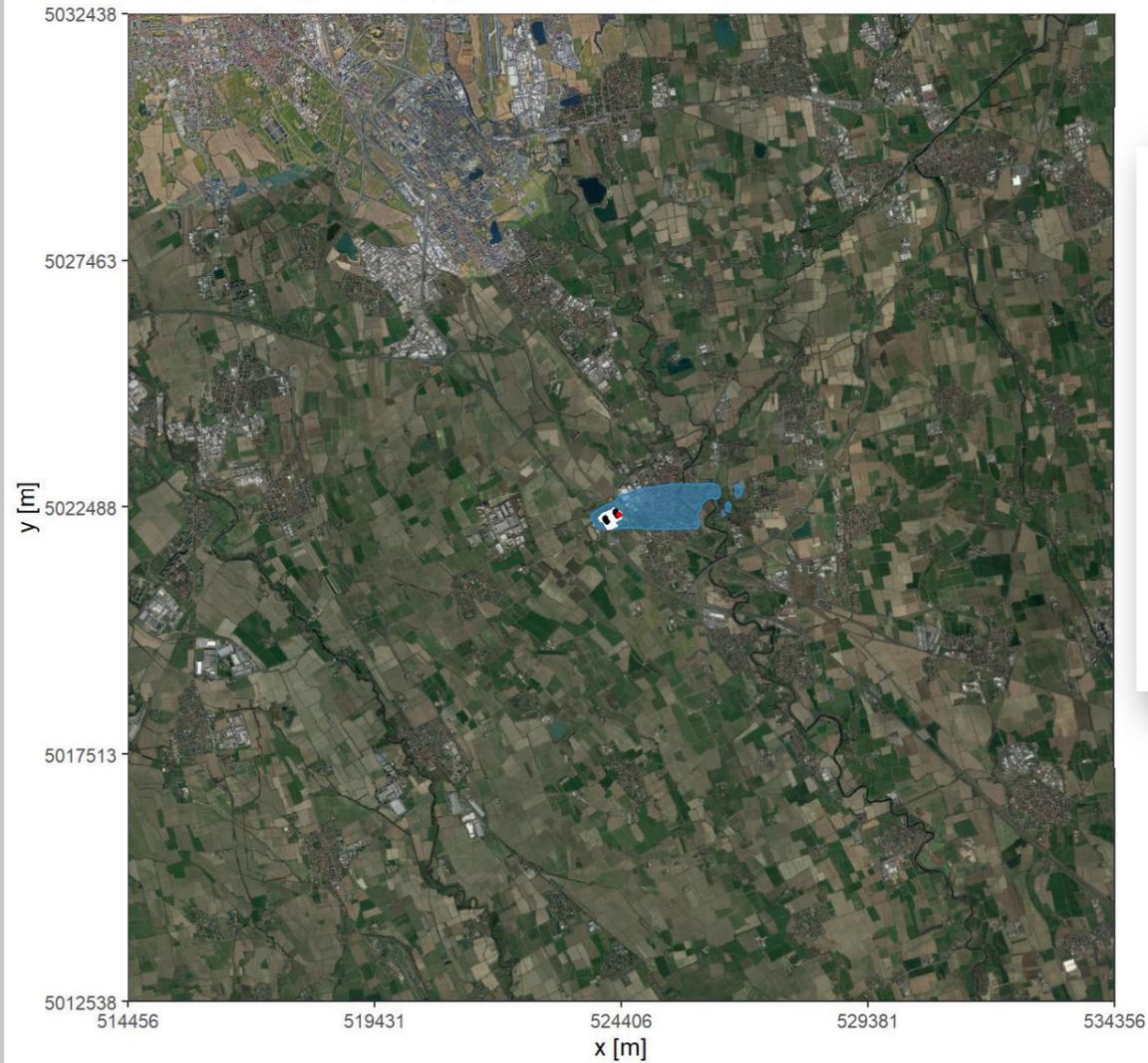


MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER

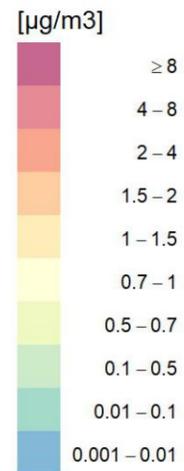
**TAVOLA 4.3/E INQUINANTE CO – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE MASSIMI DELLA MEDIA MOBILE SU 8 ORE DETERMINATI DALLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE DEI GRUPPI ELETTROGENI**

Concentrazione media annua di NH<sub>3</sub> - scenario manutenzione

Massimo nel dominio = 0.01 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338

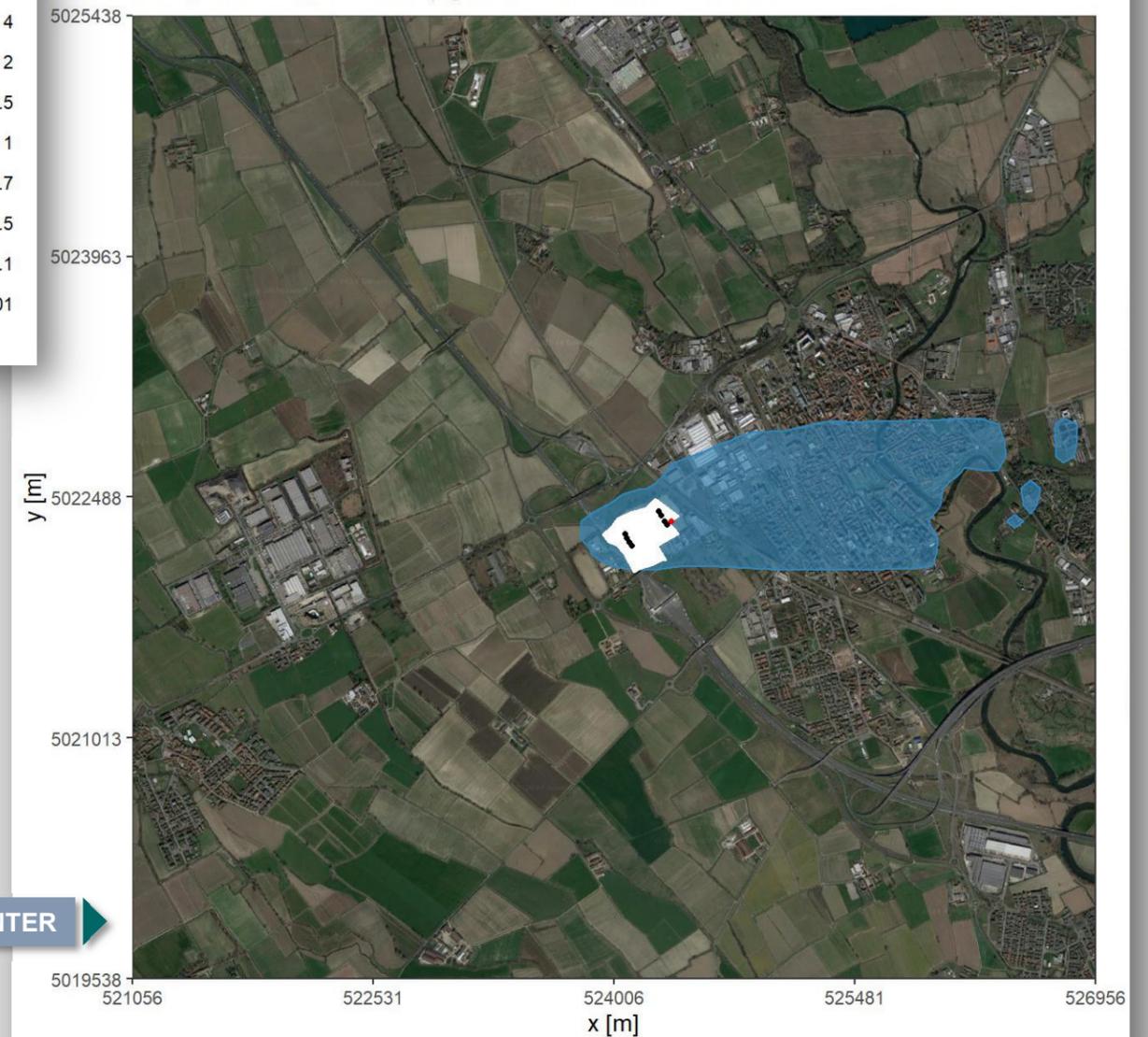


MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO



Concentrazione media annua di NH<sub>3</sub> - scenario manutenzione

Massimo nel dominio = 0.01 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338

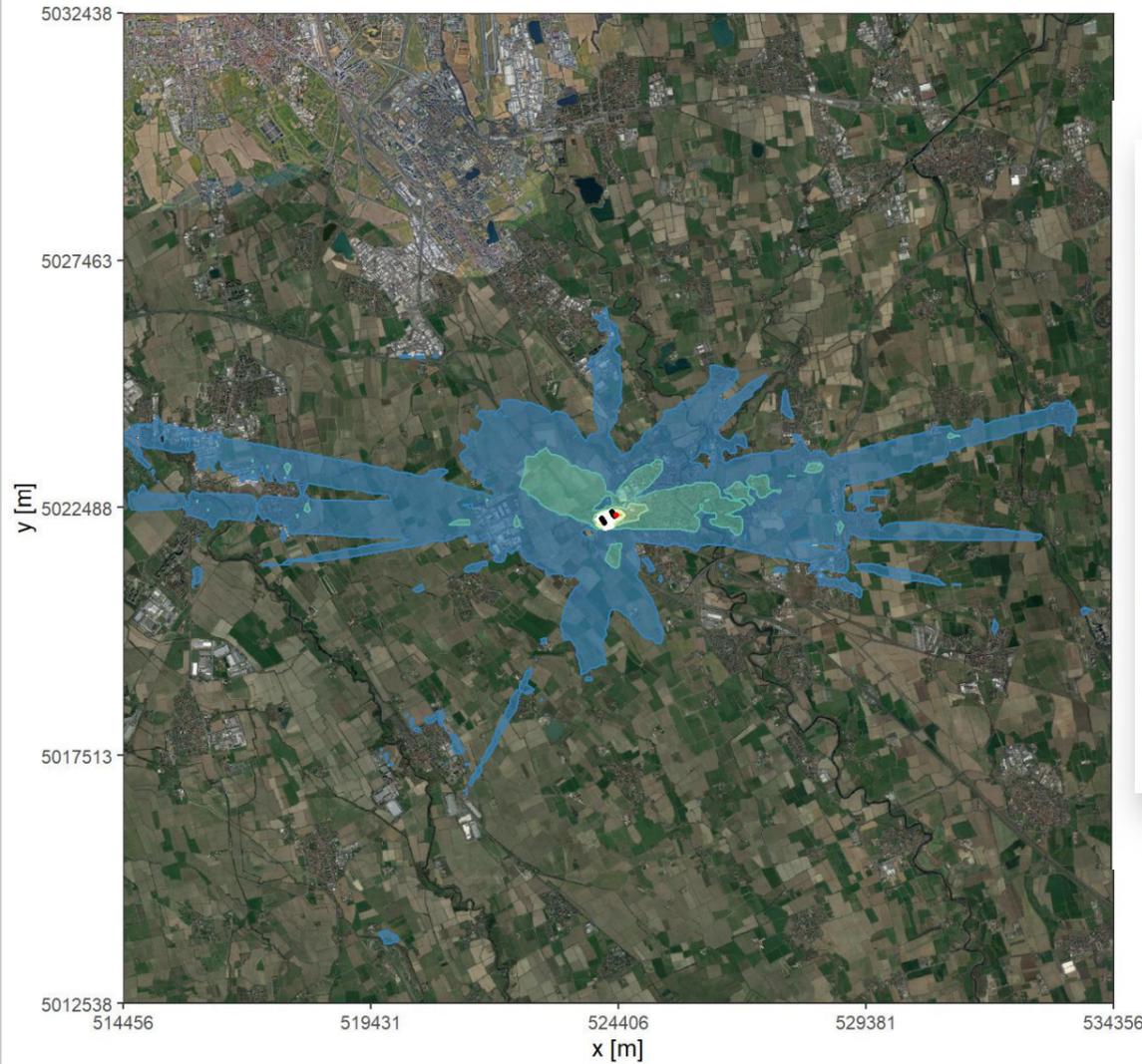


MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER

**TAVOLA 4.3/F INQUINANTE NH<sub>3</sub> – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA DETERMINATI DALLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE DEI GRUPPI ELETTROGENI**

Massimo della media mobile su 16 ore di NO<sub>x</sub> - scenario blackout

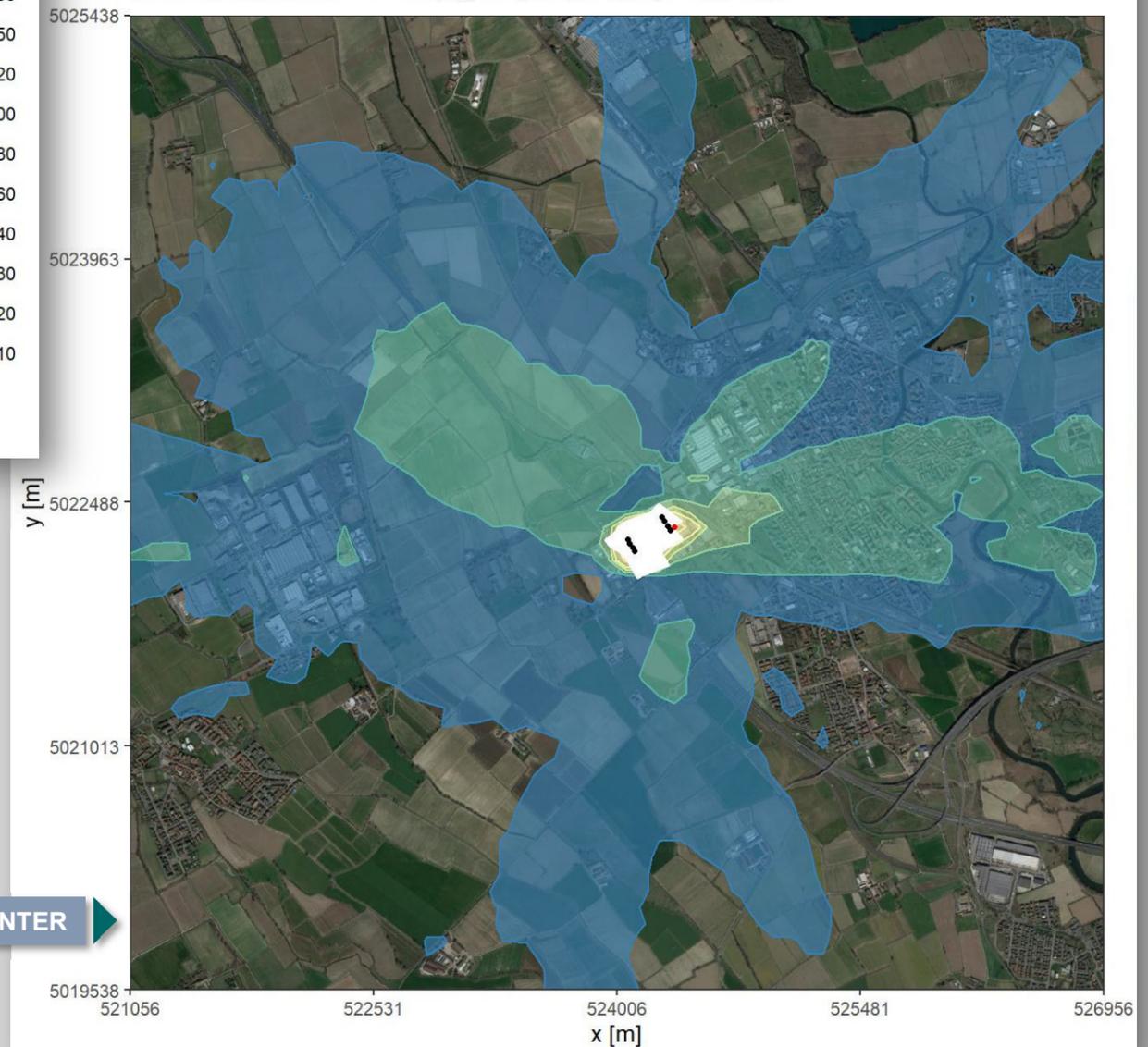
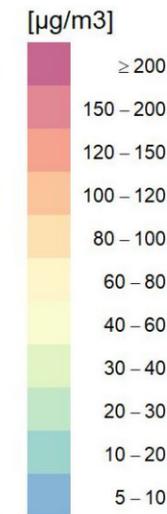
Massimo nel dominio = 75.55 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338



MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO

Massimo della media mobile su 16 ore di NO<sub>x</sub> - scenario blackout

Massimo nel dominio = 75.55 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338

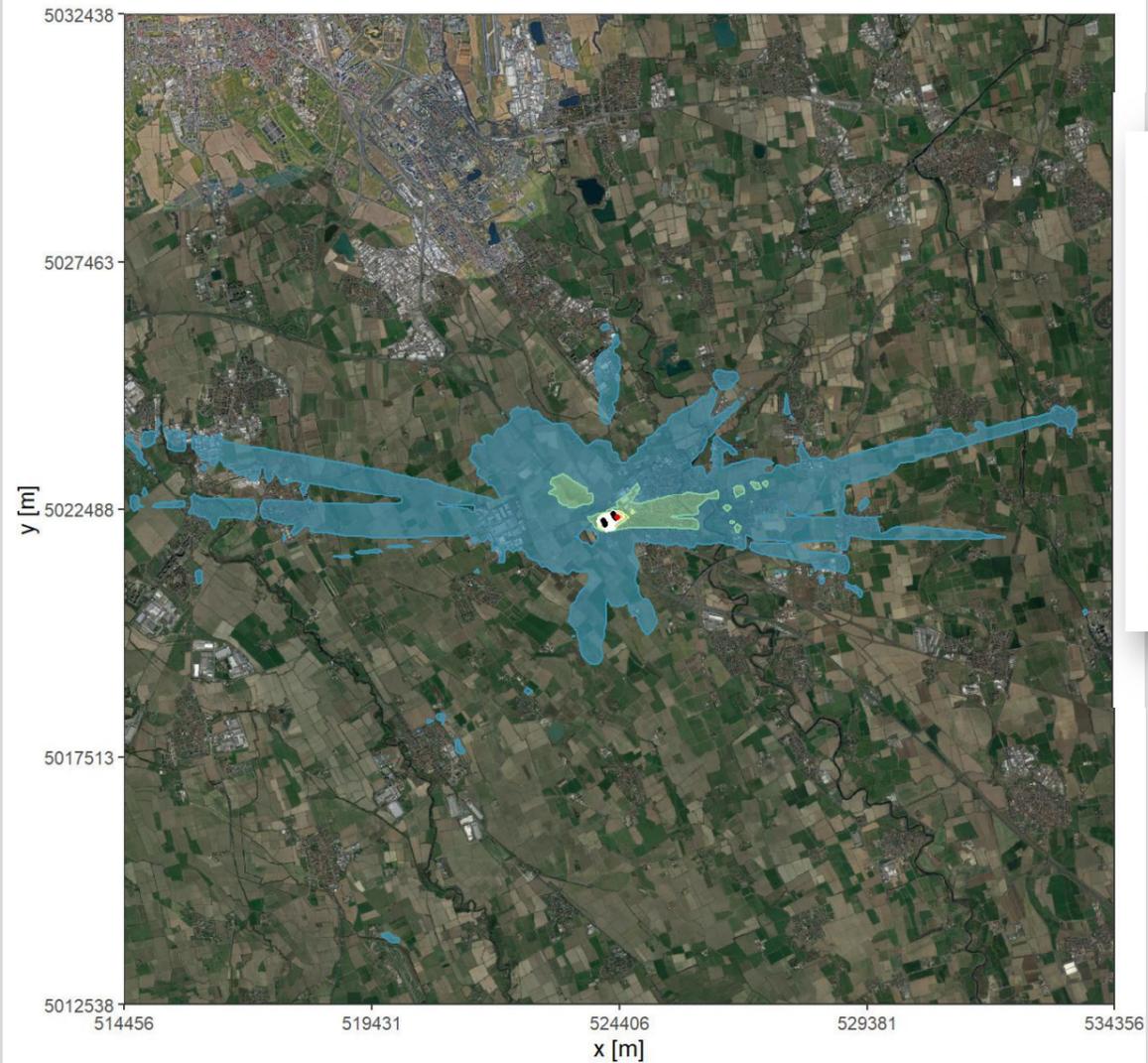


MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER

**TAVOLA 4.3/G INQUINANTE NO<sub>x</sub> – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE MASSIMI DELLA MEDIA MOBILE SU 16 ORE DETERMINATI DALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DEI GRUPPI ELETTROGENI ATTIVI IN CASO DI BLACKOUT**

Massimo della media mobile su 16 ore di Polveri - scenario blackout

Massimo nel dominio =  $27.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , X= 524356, Y= 5022338



MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO

Massimo della media mobile su 16 ore di Polveri - scenario blackout

Massimo nel dominio =  $27.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , X= 524356, Y= 5022338

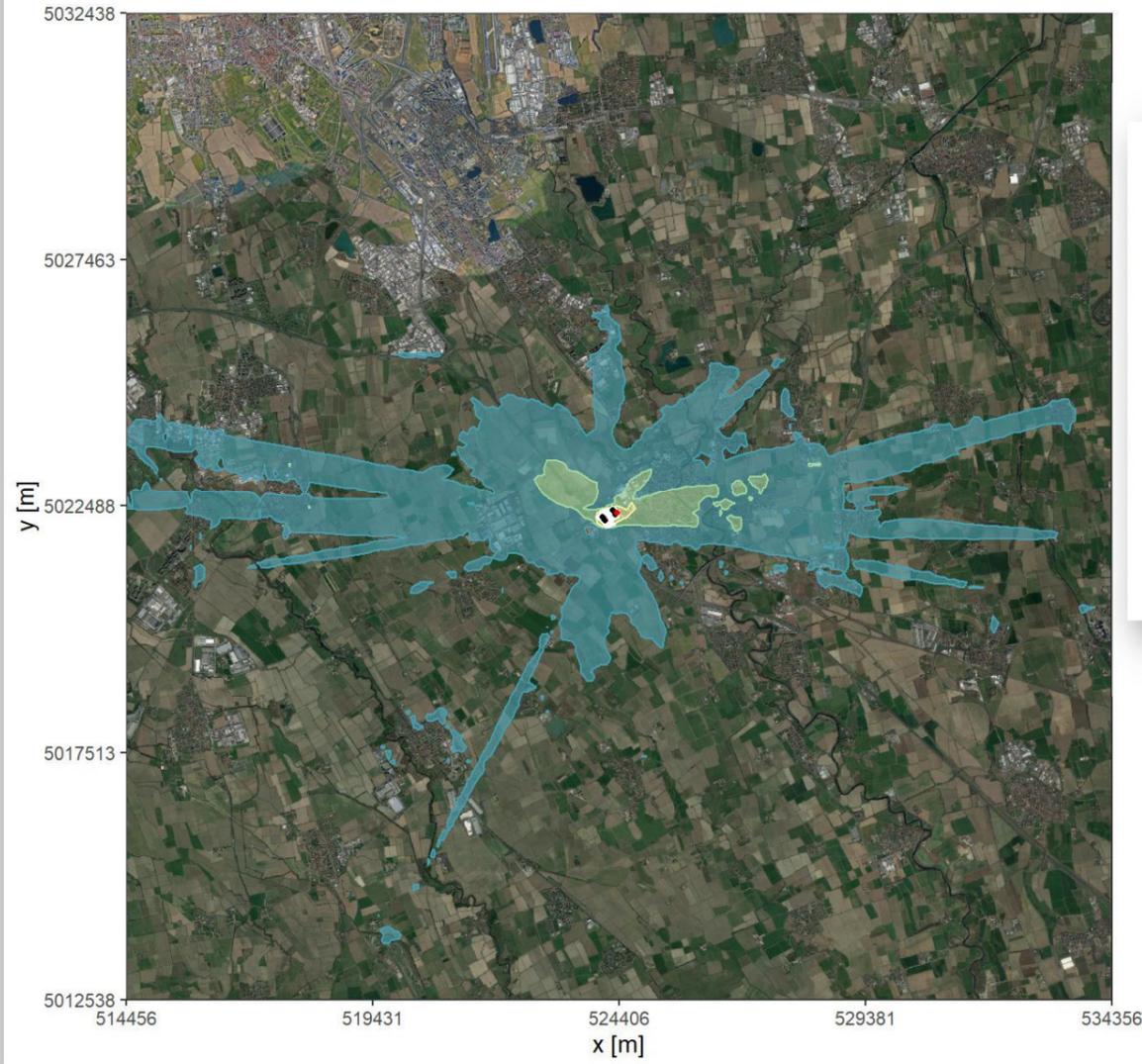


MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER

**TAVOLA 4.3/H INQUINANTE PM10/PM2.5 – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE MASSIMI DELLA MEDIA MOBILE SU 16 ORE DETERMINATI DALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DEI GRUPPI ELETTROGENI ATTIVI IN CASO DI BLACKOUT**

Massimo della media mobile su 16 ore di CO - scenario blackout

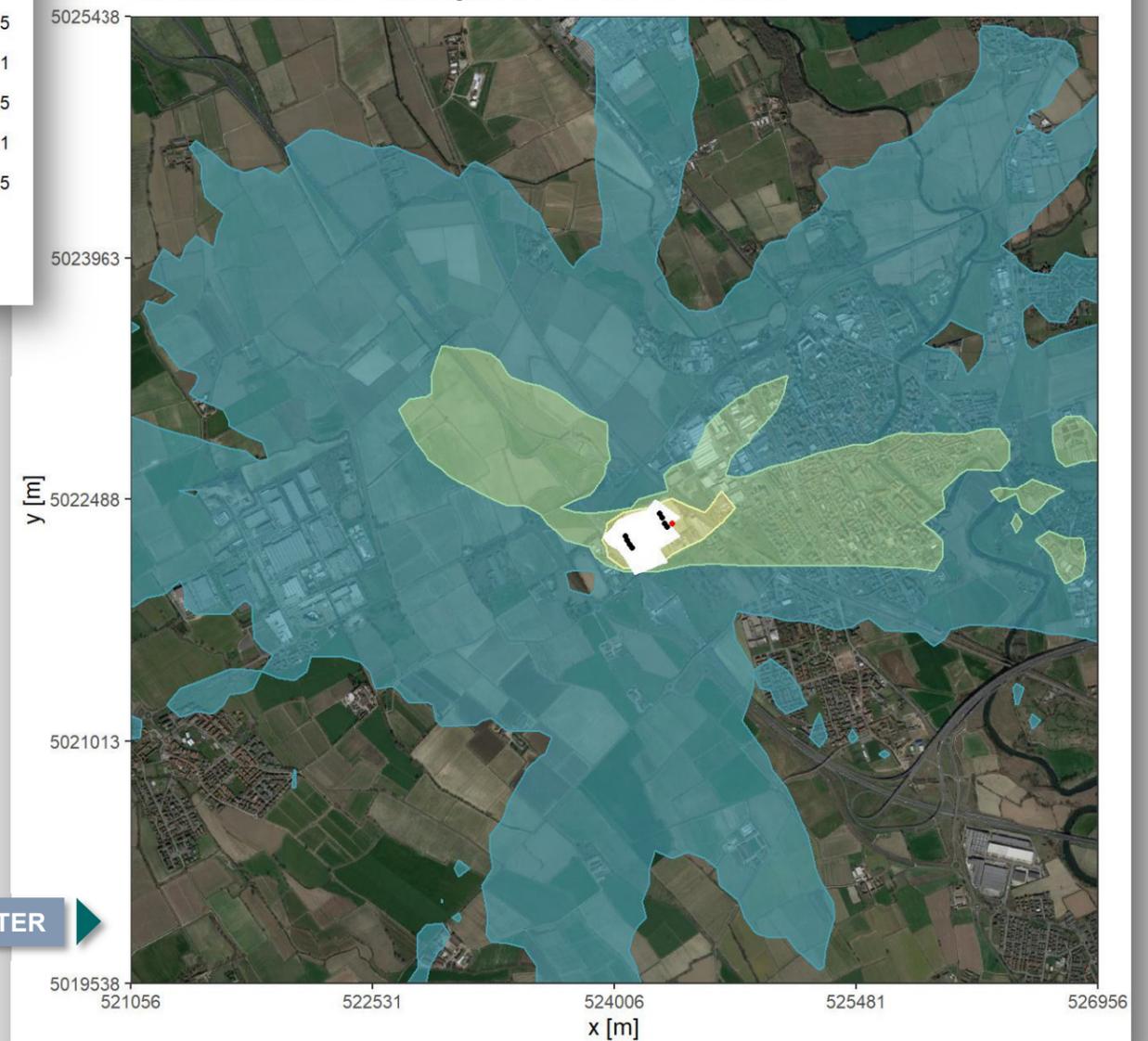
Massimo nel dominio = 0.31 mg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338



MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO

Massimo della media mobile su 16 ore di CO - scenario blackout

Massimo nel dominio = 0.31 mg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338

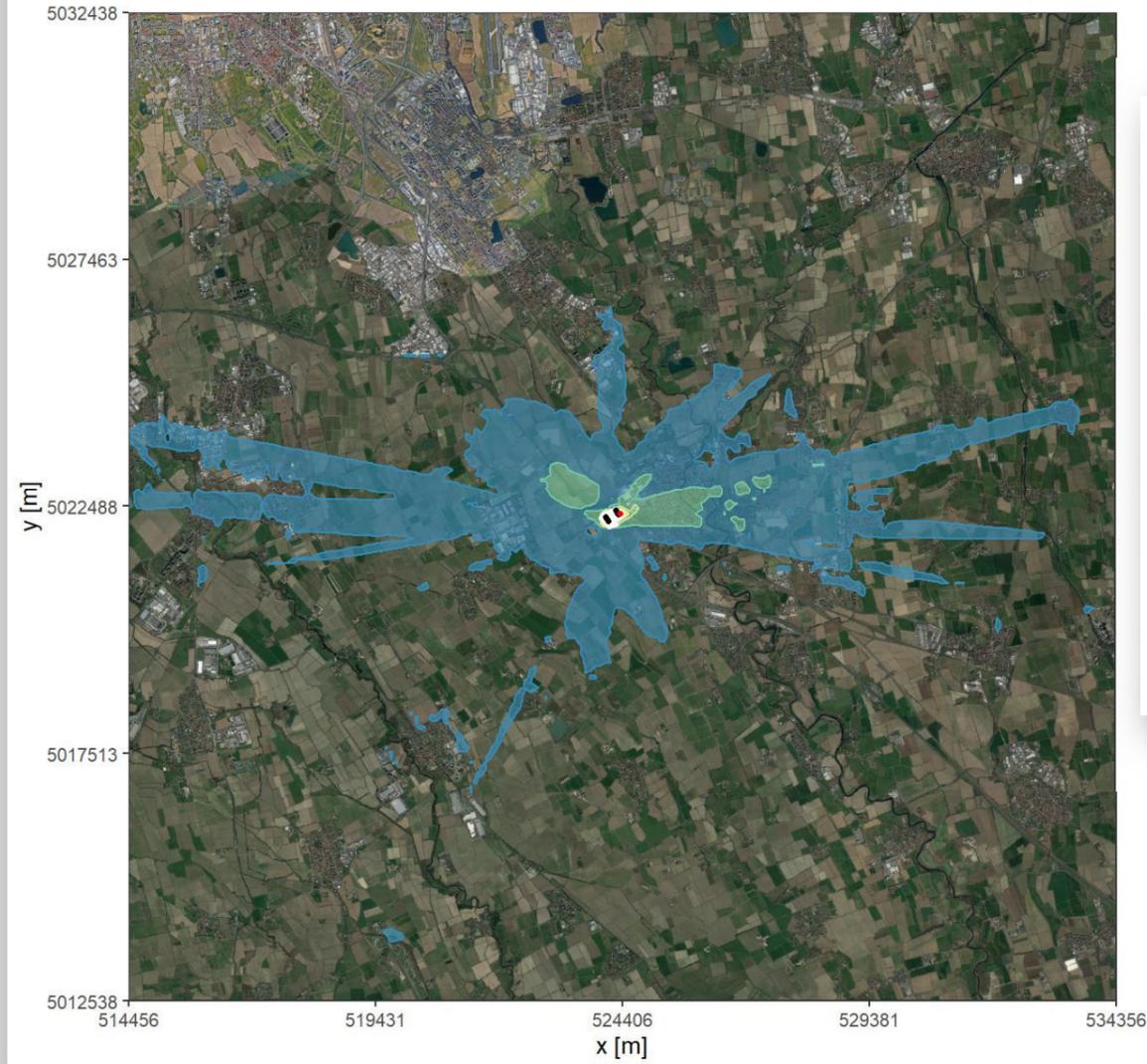


MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER

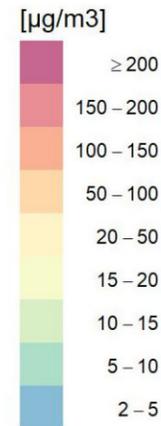
**TAVOLA 4.3/I INQUINANTE CO – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE MASSIMI DELLA MEDIA MOBILE SU 16 ORE DETERMINATI DALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DEI GRUPPI ELETTROGENI ATTIVI IN CASO DI BLACKOUT**

Massimo della media mobile su 16 ore di NH<sub>3</sub> - scenario blackout

Massimo nel dominio = 30.22 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338

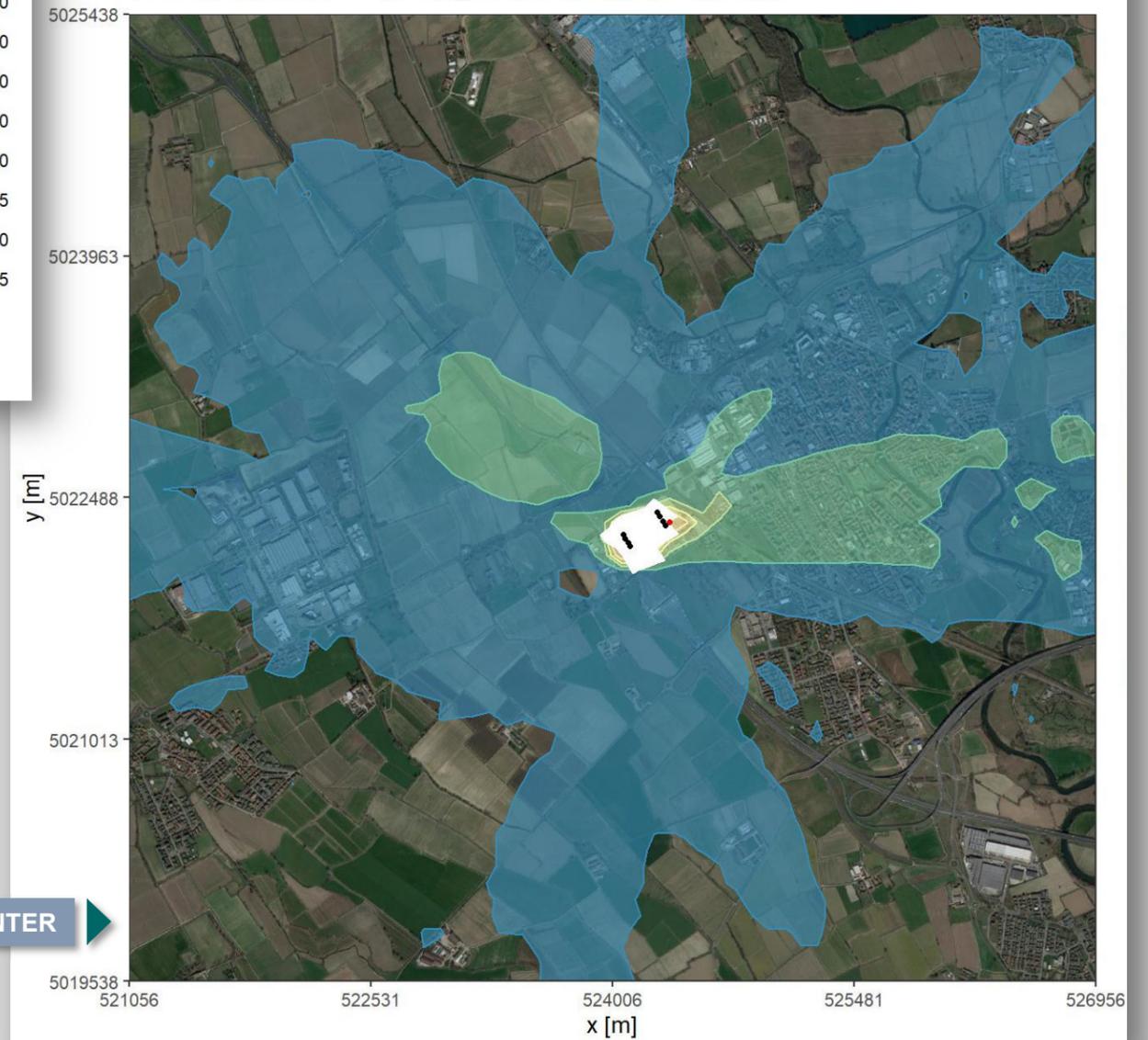


MAPPA RIFERITA ALL'INTERO DOMINIO DI CALCOLO



Massimo della media mobile su 16 ore di NH<sub>3</sub> - scenario blackout

Massimo nel dominio = 30.22 μg/m<sup>3</sup>, X= 524356, Y= 5022338



MAPPA DI DETTAGLIO RIFERITA ALL'AREA INTORNO AL DATA CENTER

**TAVOLA 4.3/I INQUINANTE NH<sub>3</sub> – LIVELLI DI CONCENTRAZIONE MASSIMI DELLA MEDIA MOBILE SU 16 ORE DETERMINATI DALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DEI GRUPPI ELETTROGENI ATTIVI IN CASO DI BLACKOUT**